

3100097008430

Amor

# **PENGUKURAN KARAKTERISTIK PROPAGASI GELOMBANG VHF 170 MHz DI DAERAH URBAN SURABAYA**

## **TUGAS AKHIR**

Disusun oleh :

**ROYKE RUDOLF RORING**

**NRP. 292 220 2001**

RSE  
621 384 11  
Rer  
p-1  
1996



Nama : Royke Rudolf Roring	
No. : 10-04-96	
H. : H	
E-mail : roring@its.ac.id	

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA**

# **PENGUKURAN KARAKTERISTIK PROPAGASI GELOMBANG VHF 170 MHz DI DAERAH URBAN SURABAYA**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro  
Pada**

**Bidang Studi Teknik Telekomunikasi  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
S u r a b a y a**

**Mengetahui / Menyetujui  
Dosen Pembimbing**

**DR. Ir. MOCH. SALEHUDIN, M.Eng. Sc  
NIP. 130 532 026**

**SURABAYA  
MARET 1996**

**PENGUKURAN KARAKTERISTIK  
PROPAGASI GELOMBANG VHF 170 MHz  
DI DAERAH URBAN SURABAYA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro  
P a d a

Bidang Studi Teknik Telekomunikasi  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
S u r a b a y a

Mengetahui / Menyetujui  
Dosen Pembimbing



DR.Ir. MOCH.SALEHUDIN, M.Eng. Sc  
NIP. 130 532 026

**S U R A B A Y A**  
**M A R E T 1996**



*kupersembahkan untuk  
Istriku Asri dan anakku Kevin yang tercinta*



## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala berkat dan pertolongan yang diberikanNYA, akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul

### PENGUKURAN KARAKTERISTIK PROPAGASI GELOMBANG VHF 170 MHz DI DAERAH URBAN SURABAYA

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan program studi Sarjana pada Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro, Bidang Studi Telekomunikasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Akhirnya dengan menyadari akan segala keterbatasan dan kemampuan yang ada dalam penulisan tugas akhir ini, penyusun masih berharap semoga buku ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun bagi yang memerlukannya.

Surabaya , Pebruari 1996

Penyusun

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penyusunan tugas akhir ini, maka pada kesempatan ini Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan mendalam atas segala bantuan yang telah kami peroleh, kepada yang terhormat:

1. Bapak Ir. Sumaryo, selaku Kepala PPT MIGAS Cepu, yang telah memberikan kesempatan dan bantuan kepada kami dalam mengikuti program studi ini.
2. Bapak DR.Ir. M. Salehudin M.Eng.Sc. selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro-FTI ITS, sekaligus sebagai Dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Pimpinan PT TELEMATRIXINDO Cabang Surabaya beserta seluruh staff dan karyawannya.
4. Bapak Ir. Aries Purnomo, selaku Koordinator bidang studi Teknik Telekomunikasi
5. Ibu Ir. Pudji Handayani selaku dosen Wali
6. Istri dan Anak tercinta yang dengan tekun dan penuh pengorbanan telah memberikan dorongan dan semangat dalam menyelesaikan studi
7. Staff karyawan Lab Telekomunikasi yang telah banyak membantu kami dalam pengumpulan data.

Tuhan Memberkati.

Penyusun



## ABSTRAK

Pada saat ini kebutuhan akan sarana komunikasi radio terus berkembang seiring dengan kemajuan teknik telekomunikasi. Selain itu tuntutan akan sistem komunikasi yang lebih baik berkembang terus. Sistem komunikasi radio panggil (pager) merupakan suatu alternatif untuk menjawab kebutuhan tersebut, yang di Indonesia dewasa ini berkembang dengan pesat. Karena sistem ini dalam menyampaikan sinyal informasi menggunakan media udara, maka perlu diamati karakteristik propagasi gelombang radio.

Kualitas penerimaan sinyal pada sistem komunikasi radio panggil sangat tergantung pada lintasan, dimana gelombang radio pada lintasannya banyak dipengaruhi oleh struktur yang ada dipermukaan bumi. Khusus di daerah perkotaan, adanya gedung-gedung yang tinggi, propagasi gelombang radio lebih banyak ditandai oleh fenomena fading lintasan jamak dimana sinyal mengalami pemantulan, penghamburan dan pembiasan. Untuk itu perlu dilakukan pengukuran besarnya redaman yang terjadi pada lintasannya.

Dalam tugas akhir ini dilakukan pengukuran level kuat medan gelombang radio pada frekuensi 170 Mhz. dari sinyal komunikasi radio panggil pada beberapa tempat di kota Surabaya yang memberikan efek fading dan shadowing paling kuat pada lintasannya.

Dari hasil analisa data pengukuran karakteristik propagasi ini selain memberikan gambaran tentang model distribusi kumulatif dari envelope sinyal karena fading, juga besarnya deviasi standard dari lintasan yang berbeda, diperoleh sebagai berikut : pada area A 6,2837; area B 2,3967; area C 2,7363 dan area D 2,322. Sedangkan besarnya redaman propagasi sebagai fungsi jarak antara pemancar dan penerima untuk jarak yang terjauh 6,8 km diperoleh -73,38 dBm. Sedangkan rata-rata yang diperoleh adalah -71,25 dBm. Dari hasil pembahasan ini dapat digunakan sebagai studi awal perencanaan komunikasi radio dalam menentukan cadangan fading agar sesuai dengan karakteristik kanalnya.

# DAFTAR ISI

	HAL
JUDUL .....	i
PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB	
I. PENDAHULUAN .....	1
I.1 LATAR BELAKANG .....	1
I.2 PERMASALAHAN DAN PEMBATASAN MASALAH.....	3
I.3 METODOLOGI.....	3
I.4 TUJUAN.....	4
I.5 SISTIMATIKA STUDI.....	4
II. TEORI PENUNJANG.....	5
II.1 KARAKTERISTIK LINGKUNGAN RADIO MOBIL.....	5
II.2 GAMBARAN SINYAL RADIO MOBIL.....	8
II.3 PROPAGASI PADA DAERAH URBAN.....	11
II.3.1 PROPAGASI RUANG BEBAS.....	12
II.3.2 PROPAGASI DIATAS BUMI DATAR.....	14
II.3.3 PENGARUH MULTIPATH FADING TERHADAP .. PARAMETER SINYAL.....	15



II.3.3.1 PEREDAMAN AMPLITUDO.....	16
II.3.3.1 PERGESERAN PASE.....	16
II.3.3.1 PERLAMBATAN WAK. TU.....	16
II.3.4 ANALISA KANAL RADIO..MOBIL.....	17
II.4 MODEL DARI MEDIA TRANSMISI RADIO MOBIL .....	17
II.4.1. LONG TERM FADING.....	19
II.4.2. SHORT TERM FADING.....	20
II.5 APLIKASI STATISTIK DALAM LINGKUNGAN RADIO MOBIL.....	25
II.5.1 NILAI RATA-RATA.....	25
II.5.1.1 RATA-RATA SAMPEL.....	25
II.5.1.2 RATA-RATA STATISTIK.....	26
II.5.1.3 BIASED TIME AVERAGE.....	27
II.5.1.4 UNBIASED TIME AVERAGE.....	27
II.5.2 FUNGSI KERAPATAN PROBABILITAS.....	28
II.5.2.1 LOG NORMAL pdf.....	28
II.5.2.2 RAYLEIGH pdf.....	28
II.5.2.3 RICIAN pdf.....	30
II.5.3 DISTRIBUSI PROBABILITAS KUMULATIF.....	31
III PENGUKURAN PROPAGASI.....	33
III.1 PROPAGASI LINTASAN JAMAK .....	33
III.1.1 KELASIFIKASAI DAERAH PER. AMBATAN.....	33
III.1.1.1 DAERAH TERBUKA .....	33
III.1.1.2 DAERAH SUBURBAN.....	34
III.1.1.3 DAERAH URBAN .....	34
III.1.2 FAKTOR PENGELOMPOKAN DAERAH.....	35

III.1.3 PERAMALAN MEDIAN PATH LOSS DENGAN .....	
CARA HATA.....	35
III.1.3.1 FORMULA REDAMAN PROPAGASI.....	36
III.1.3.2 FORMULA DAYA PENERIMAAN.....	37
III.2 DISTRIBUSI LOCAL MEAN.....	39
III.3 PERENCANAAN SURVEY.....	41
III.3.1 UMUM.....	41
III.3.2 PENENTUAN WAKTU PENGUKURAN.....	43
III.3.3 BESARNYA KELOMPOK DATA.....	45
III.3.3.1 PERENCANAAN DURASI PENGUKURAN.....	45
III.3.3.2 METODE PENENTUAN LOKAL MEAN .....	47
III.3.3.3 PENENTUAN JUMLAH TITIK SAMPEL.....	49
III.3.4 INTERVAL SAMPLING DAN KECEPATAN SAMPLING.....	50
III.3.5 IDENTIFIKASI SINYAL.....	52
III.4 KONFIGURASI PERALATAN PENGUKURAN .....	53
III.5 LOKASI PENGUKURAN.....	57
III.6 PROSEDURE PENGUKURAN .....	58
IV ANALISA HASIL PENGUKURAN .....	60
IV.1 GAMBARAN SITE PENGUKURAN .....	60
IV.1.1 REKONSTRUKSI LINTASAN PENGUKURAN .....	61
IV.2 ESTIMASI PARAMETER-PARAMETER STATISTIK SELUBUNG....	
SINYAL .....	65
IV.2.1 UMUM .....	65
IV.2.2 ESTIMASI HARGA MEAN .....	67
IV.2.2 ESTIMASI HARGA DEVIASI STANDARD.....	69



IV.3 PERHITUNGAN LEVEL PENERIMAAN.....	78
IV.3.1 PERHITUNGAN REDAMAN PROPAGASI.....	78
IV.3.2 PERHITUNGAN DAYAPENERIMAAN.....	79
IV.3.3 PERHITUNGAN REDAMAN RUANG BEBAS.....	81
IV.4 CONTOH APLIKASI TEST STATISTIK UNTUK PERENCANAAN SISTEM KOMUNIKASI.....	88
V PENUTUP.....	90
V.1 KESIMPULAN.....	90
V.2 SARAN .....	92
DAFTAR PUSTAKA.....	93
LAMPIRAN 1 VT 100 UNIVERSAL PAGING TRANSMITTER.....	95
LAMPIRAN 2 SPESIFIKASI TRANSMITER.....	96
LAMPIRAN 3 DATA PRG 1032 HIGH BAND VHF.....	97
LAMPIRAN 4 USULAN TUGAS AKHIR.....	98
LAMPIRAN 5 RIWAYAT HIDUP.....	102



## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR		Hal.
2 - 1	Deskripsi dari Lingkungan Radio Mobil .....	7
2 - 2	Karakteristik Kuat Medan .....	9
2 - 3	Konversi Kuat Medan dari Kawasan Waktu ke Kawasan Spatial .....	10
2 - 4	Keterkaitan Lingkungan Radio Mobil .....	12
2 - 5	Perambatan Gelombang di Atas Bumi Datar .....	15
2 - 6	Model Matematika dari Kanal .....	17
2 - 7	Representasi Fading Sinyal Radio Mobil .....	18
2 - 8	Keadaan dimana Mobil dan Bidang Pantul Diam dan Bidang Pantul Bergerak dan Unit Mobil Diam.....	21
2 - 9	Penerimaan Sinyal dimana Unit Mobil Bergerak .....	23
2 - 10	Kondisi dimana ada N Gelombang Pantul .....	24
2 - 11	Rata-rata Sampel Kuat Medan .....	26
2 - 12	Kurva Distribusi Normal pdf .....	28
2 - 13	Kurva Distribusi Rayleigh .....	29
2 - 14	Kurva Distribusi Rician .....	30
2 - 15	Fungsi Distribusi Kumulatif dari Tegangan Envelope .....	31
3 - 1	Faktor Koreksi Pada Daerah Berbukit .....	38
3 - 2	Histogram dari Local Mean dari Sinyal yang diterima dan Distribusi Kumulatif Sinyal .....	40

3 - 3	Variasi Diurnal dari Sumber-sumber Radio .....	44
3 - 4	Metode Penentuan Local Mean .....	48
3 - 5	Daerah yang digambarkan sebagai contoh Pengukuran .....	51
3 - 6	Block Diagram Peralatan Survei Radio .....	55
4 - 1	Tipikal Perekaman Data .....	63
4 - 2	Titik Pengukuran Sampel di Jl. Basuki Rahmat, Tunjungan dan Pemuda .....	64
4 - 3	Distribusi Kumulatif Selubung Sinyal di Area A, B, C, dan D .....	73
4 - 4	Grafik Level Daya Penerimaan Sinyal Sebagai Fungsi Jarak .....	85
4 - 5	Grafik Level Tegangan Envelope Sinyal Fungsi Jarak .....	87

## DAFTAR TABEL

TABEL	Hal.
3 - 1    Klasifikasi Terrain .....	34
3 - 2    Rekomendasi Waktu Pengamatan Survei Radio .....	46
3 - 3 $\sigma$ versus $2L$ .....	48
3 - 4    Signature Sinyal Radio Mobil Secara Visual .....	53
3 - 5    Signature Sinyal Radio Secara Audio .....	54
4 - 1    Data Hasil Pengukuran Tegangan Envelop Sinyal di Area..... A, B, C, dan D .....	71
4 - 2    Parameter Statistik Tegangan Selubung Sinyal di Area .....	
A, B, C, dan D .....	76
4 - 3    Parameter Statistik Selubung dengan $\alpha = 99\%$ .....	78
4 - 4    Redaman Propagasi dan Level Penerimaan Sebagai .....	
Fungsi Jarak dengan metode Hata .....	80
4 - 5    Level Penerimaan Envelope Sinyal sebagai Fungsi Jarak .....	82



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Sistem komunikasi radio panggil adalah suatu jenis pelayanan sistem radio bergerak yang di Indonesia mengalami perkembangan yang pesat. Sistem ini pada umumnya terdiri dari stasiun dasar yang tetap dengan antena pemancar ditempatkan pada tempat yang tinggi sedangkan sejumlah unit penerimanya bergerak disepanjang jalan secara acak dimana ketinggian antena penerimanya yang rendah menyebabkan tambahan redaman lintasan propagasi. Dalam Lingkungan radio panggil konfigurasi dari ketidak teraturan permukaan tanah yang alamiah, macam-macam bentuk struktur arsitek bangunan, perubahan cuaca, perubahan karena pepohonan dan kondisi sinyal yang diterima ketika unit mobil sedang bergerak membuat rugi-rugi propagasi sangat sulit. Pada umumnya tekstur dan kekasaran permukaan tanah akan mengurangi energi propagasi, mengurangi kekuatan sinyal pada unit penerima.

Umumnya daerah pelayanan dari komunikasi radio panggil ini mencakup daerah yang diklasifikasikan sebagai daerah urban yang dipenuhi dengan gedung-gedung yang tinggi-tinggi dengan segala kesibukan manusianya, dan kepadatan lalu-lintas yang tinggi. Sebagai akibatnya Sinyal yang dipancarkan dari stasiun dasar, menyebabkan lintasannya menjadi tidak line of sight karena banyaknya gedung yang tinggi ini membuat gelombang radio mengalami pantulan, pembelokan dan pembiasan dan menimbulkan multipath fading karena sinyal yang diterima berasal dari lintasan ganda. Selain itu sinyal yang diterima juga dapat mengalami rugi-rugi

karena pengapian kendaraan bermotor, mesin-mesin pabrik, pepohonan, dan interferensi dari gelombang radio yang berdekatan.

Dalam propagasi sistem komunikasi radio panggil faktor kualitas dan level sinyal yang diterima dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti jenis rintangan pada lintasan, cuaca, waktu, bentuk medan dan elektromagnetic interference, baik yang alami maupun buatan manusia. Selain itu struktur bangunan yang tinggi yang ada di daerah perkotaan merupakan halangan yang besar yang menyebabkan terjadinya pantulan, hamburan dan difraksi sinyal selama proses transmisi berlangsung. Kondisi ini sangat mempengaruhi level daya sinyal yang diterima oleh penerima. Untuk daerah yang berbeda maka fading yang terjadi juga berbeda tergantung dari lokasinya karena setiap daerah mempunyai karakteristik kanal yang berbeda.

Fading lintasan jamak sangat mempengaruhi unjuk kerja pengoperasian sistem komunikasi radio. Jika kanal dapat dikarakterisasikan dengan baik maka gangguan dari lintasan jamak dapat dikurangi atau dihilangkan. Agar dapat mengetahui karakteristik dan pemodelan kanal suatu lokasi diperlukan metode pengukuran karakteristik kanal radio mobil. Metode pengukuran ini adalah dengan mengukur parameter-parameter karakteristik kanal.

## **1.2 PERMASALAHAN DAN PEMBATASAN MASALAH**

Dalam tugas akhir ini akan dibahas propagasi radio panggil di daerah urban yang biasanya mempunyai ciri-ciri lintasan jamak yang kuat, sehingga komponen-komponen sinyal yang sampai dipenerima telah mengalami peredaman, pemantulan dan difraksi dengan kecepatan dan amplitudo yang berbeda-beda sehingga kekuatan



sinyal pada antena penerima merupakan fungsi dari jarak dan waktu yang datang secara acak dan berfluktuasi. Selain itu karakteristik dari perubahan lintasan jamak seperti penerima yang bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain, terrain yang berbeda dan ciri-ciri bangunan disekitar penerima akan merubah fenomena setempat. Hal ini penting sekali untuk dikaji mengingat fading lintasan jamak besar sekali pengaruhnya pada kualitas penerimaan.

Dalam tugas akhir ini akan dibatasi pembahasannya hanya mengenai karakteristik propagasi gelombang radio VHF 170 MHz meliputi besarnya redaman propagasi di daerah urban dan besarnya daya penerimaan karena pengaruh fading dan shadowing, metode pengukuran kuat medan sedangkan perangkat keras sistem radionya tidak dibahas.

### I.3 METODOLOGI

Karakteristik propagasi pada lintasan komunikasi pada dasarnya dapat dijelaskan oleh adanya parameter perubahan amplitudo sinyal, perubahan phase, serta jarak antara pemancar dan penerima. Metodologi pengukuran yang akan dilakukan pada tugas akhir ini adalah dengan mengukur perubahan amplitudo rata-rata sinyal yang diterima sebagai fungsi jarak secara acak. Dari hasil pengukuran ini data dianalisa kemudian diambil suatu kesimpulan.

### I.4 TUJUAN

Tujuan tugas akhir ini adalah dengan melakukan pengukuran dapat diketahui karakteristik redaman propagasi gelombang radio di daerah urban yang banyak



gedung bertingkat sehingga model karakteristik redaman diperoleh.

## 1.5. SISTEMATIKA STUDI

Untuk mendapatkan pembahasan yang sistematis dari studi ini maka pembahasannya disusun dalam bab-bab sebagai berikut:

1. Bab I adalah pendahuluan yang berisi secara umum latar belakang serta permasalahan proses propagasi yang terjadi pada lintasannya di daerah urban
2. Bab II Membahas tentang teori propagasi radio, model statistik kanal radio, fading dan shadowing, fungsi distributif fading dan shadowing.
3. Bab III Menjelaskan tentang teori pengukuran karakteristik kanal serta model pendekatan karakteristik propagasi lintasan jamak berdasarkan fungsi jarak
4. Bab IV Menjelaskan tentang hasil pengukuran berdasarkan data-data statistik dan analisa regresi dari level daya sebagai fungsi jarak.
5. Bab V berisi kesimpulan dan saran sebagai hasil pembahasan tugas akhir ini

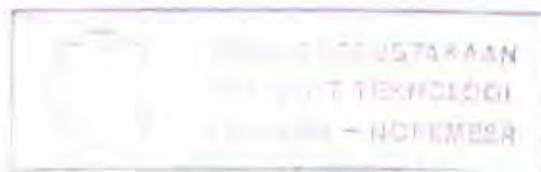
## BAB II

### TEORI PENUNJANG

#### II.1 KARAKTERISTIK LINGKUNGAN RADIO MOBIL

Mekanisme perambatan gelombang radio mempunyai pengaruh yang besar terhadap panjang gelombang dari frekwensi yang merambat. Pada suatu lingkungan buatan manusia seperti misalnya rumah-rumah penduduk didaerah suburban yang mempunyai lebar 18-30 meter dan tinggi 12 - 30 meter atau didaerah urban dengan banyak gedung-gedung pencakar langit, jika ukuran dari gedung-gedung ini sama dengan beberapa panjang gelombang dari frekwensi yang merambat maka bangunan-bangunan tersebut akan menimbulkan gelombang-gelombang pantul pada frekwensi tersebut.

Dapat diasumsikan bahwa semua bangunan akan memantulkan gelombang yang datang padanya dan menghamburkannya keberbagai tempat. Dengan demikian sebuah antena penerima dari unit mobil yang letaknya jauh lebih rendah dari rata-rata ketinggian bangunan akan menerima sinyal dari beberapa arah. Range frekwensi radio mobil dimana lingkungan bangunannya dapat menimbulkan perambatan multipath adalah dari frekwensi 30 Mhz ke atas, sedangkan panjang lintasannya kurang dari 24 km, dimana tidak ada radio horison (tidak ada rugi lintasan yang diakibatkan oleh lekukan bumi) yang perlu dipertimbangkan. Bila ada interferensi pada jarak lebih dari 24 km maka akan ada tambahan rugi-rugi lintasan yang harus ditambahkan pada sistem radio horison tersebut.





Dalam perencanaan dilingkungan radio mobil dengan radius 6,5 -13 km harus dipertimbangkan ketinggian dari antenna stasiun dasar. Untuk perkampungan kecil tinggi antenna berkisar 30 - 50 meter, dan didalam kota besar 50 - 91 meter, sedangkan untuk ketinggian antenna unit mobil berkisar 2 - 3 meter. Biasanya disekeliling antenna stasiun dasar harus bebas dari halangan sebaliknya pada antenna unit mobil dikelilingi oleh banyak halangan. Kondisi terrain seperti lingkungan buatan manusia ini dimana terdapat link komunikasi radio secara keseluruhan sangat menentukan besarnya rugi-rugi lintasan propagasi.

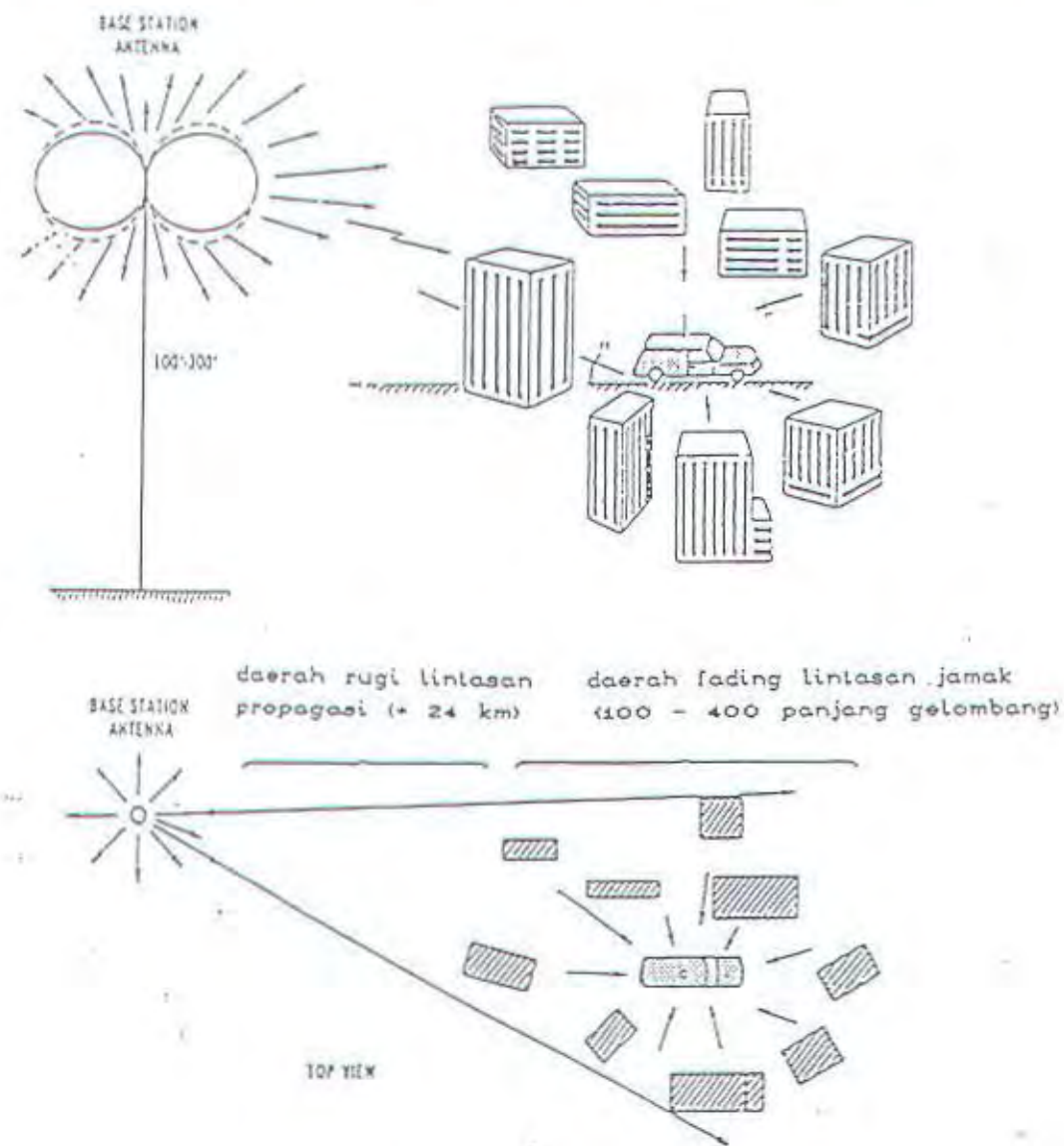
Dari deskripsi lingkungan seperti ini kemudian membayangkan bahwa pada lokasi unit mobil akan menerima banyak gelombang pantul dan satu gelombang langsung. Gelombang pantul yang diterima unit mobil berasal dari sudut yang berbeda-beda seperti terlihat pada Gambar 2.1. Gelombang radio yang datang pada mobil dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Langsung
2. Penguraian
3. Pantulan sederhana karena suatu bangunan dekat mobil
4. Pantulan ganda karena bangunan disekitar mobil
5. Pantulan ganda yang sebelumnya dialami disebabkan oleh benda padat yang besar (bukit-bukit, konstruksi-konstruksi besar)

Gelombang langsung yang datang relatif lebih kuat dibanding dengan gelombang pantul. Situasi seperti ini disebut dengan model statistik Rician. Dengan dasar ini perencanaan sisten komunikasi radio tidak bisa didasari dari situasi yang optimis seperti ini, tetapi harus didasari dari kasus-kasus yang buruk atau



gelombang yang tidak langsung yang biasanya terjadi. Semua gelombang yang dipantulkan akan diterima oleh antenna penerima dan digabungkan sehingga akan



GAMBAR 2.1.<sup>1</sup>

#### DESKRIPSI DARI LINGKUNGAN RADIO MOBIL

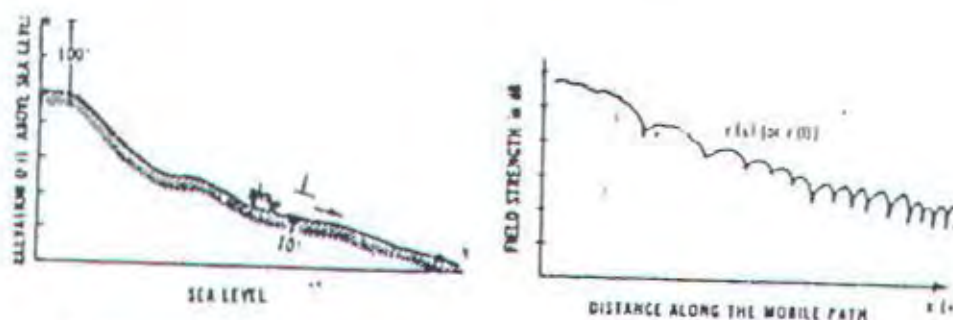
<sup>1</sup>

William C.Y.Lee, MOBIL COMMUNICATION DESIGNS FUNDAMENTAL, John Wiley & Son Inc. New-York, thn. 1993, hal. 3

menghasilkan sinyal yang disebut dengan fading lintasan jamak (multipath fading). Situasi yang diperoleh ini disebut model statistik Rayleigh.

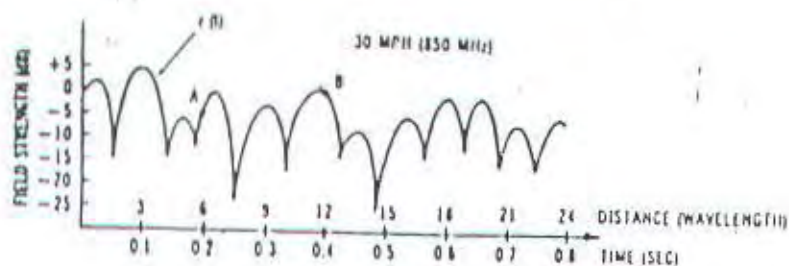
## IL2 GAMBARAN SINYAL RADIO MOBIL

Kuat medan dari sebuah sinyal dapat direpresentasikan sebagai fungsi dari jarak dalam ruang (spatial domain) atau fungsi dari waktu (time domain). Pada umumnya kuat sinyal yang ditransmisikan dari stasiun dasar menurun dengan fungsi jarak ketika diukur pada berbagai macam titik sepanjang lintasan radial dari arah meninggalkan stasiun dasar. Idealnya pengukuran kuat sinyal dilakukan dengan pemantauan dan perekaman sinyal yang diterima oleh unit mobil yang bergerak sepanjang rute radial dengan kecepatan konstan, tetapi pada kenyataannya sulit untuk mendapatkan keadaan yang ideal untuk pengukuran kuat sinyal ini, karena jalan nyata yang ada dipergunakan dan kondisi lalu lintas menentukan kecepatan unit mobil. Suatu ketinggian antenna stasiun dasar seperti gambar 2.2a, dan kuat medan  $r(x)$  dari sinyal  $s(x)$  yang diterima sepanjang sumbu  $x$  dapat didefinisikan seperti gambar 2.2b, dimana kuat medan diukur pada tiap-tiap titik sepanjang garis  $x$  oleh unit mobil penerima dengan tinggi antenanya 3 meter. Kuat medan  $r(x)$  dapat dipelajari dari data rata-rata kuat medan yang diperoleh dari local mean pada tiap-tiap titik pengukuran. Kuat medan yang diterima sepanjang garis  $x$  menunjukkan bahwa sinyal berfluktuasi dengan hebat ketika unit mobil berjalan dari stasiun dasar. Untuk memperoleh data yang akurat maka selama melakukan pengukuran, kecepatan mobil ( $v$ ) harus dijaga konstan. Bila waktu dapat dibuat konstan maka sumbu waktu ( $t = \frac{x}{v}$ ) dapat dikonversikan ke sumbu spatial

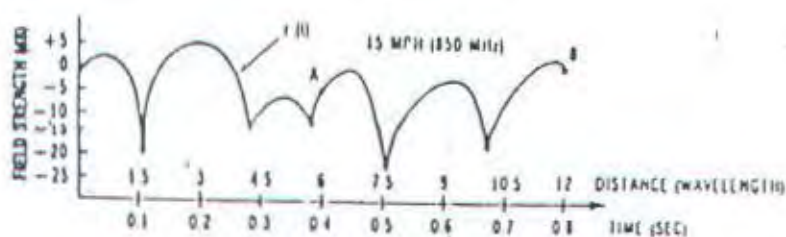


(A) Terrain contour with a base-station antenna alt.

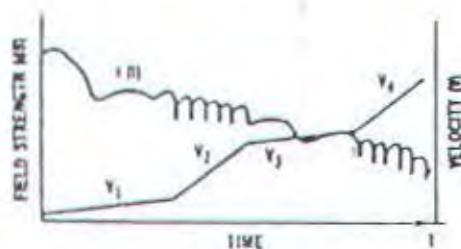
(B)  $r(x)$  along  $x$ -axis in the space.



(C)  $V$  is large.



(D)  $V$  is small.



(E)  $V$  varies.

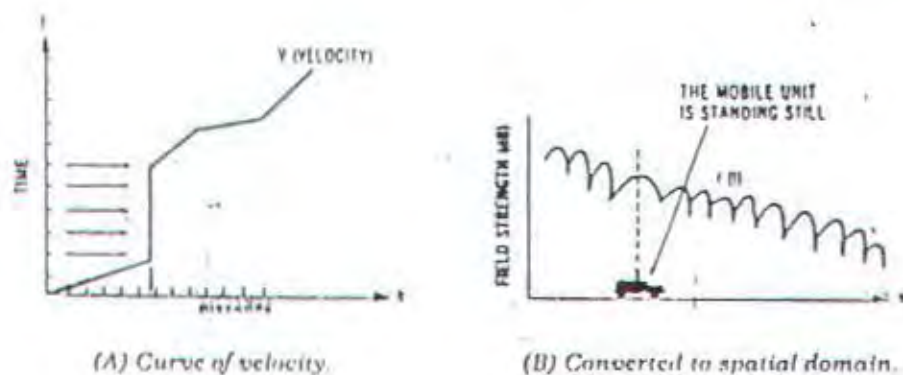
GAMBAR 2.2<sup>2</sup>

# KARAKTERISTIK KUAT MEDAN



Kuat medan  $r_1(t)$  dan  $r_2(t)$  pada kecepatan yang berbeda yaitu 48 dan 24 km/h dapat dilihat pada gambar 2.2c dan 2.2d. Jelas terlihat bahwa  $r_1(t)$  pada gambar 2.2c berfluktuasi lebih cepat dari pada  $r_2(t)$  pada gambar 2.2d. Jika unit mobil tidak dapat menjaga kecepatan yang konstan saat menerima sinyal, maka informasi dari perubahan kecepatan vs waktu harus dicatat. Gambaran kuat medan dengan kecepatan yang bervariasi dapat dilihat pada gambar 2.2e. Kuat medan dari sinyal  $r(t)$  dari gambar 2.2e harus dikonversi ke gambar 2.2b sebelum data diproses. Proses konversi ini disebut *velocity weighted conversion*.

Teknik yang ditunjukkan pada gambar 2.3 menunjukkan data-data yang dibuat dalam angka-angka kawasan waktu dengan interval yang sama. Kurva kecepatan dari gambar 2.3a dapat digunakan untuk mengkonversi semua titik data dari kawasan waktu ke kawasan spatial seperti gambar 2.3b. Konversi dengan cara yang



GAMBAR 2.3 <sup>3</sup>

#### KONVERSI KUAT MEDAN DARI KAWASAN WAKTU KE SPATIAL

(a). GRAFIK KECEPATAN (b) SINYAL KONVERSI KE KAWASAN SPATIAL

lain yaitu dengan mensinkronkan kecepatan putaran roda kendaraan yang bergerak dengan kecepatan dari alat pencatat kuat medan. Penggambaran dari  $r(t)$  pada kawasan waktu adalah digunakan untuk mempelajari fenomena sinyal fading, sedangkan penggambaran dari  $r(t)$  pada kawasan spatial digunakan untuk membangkitkan kurva rugi-rugi lintasan propagasi.

Pada lingkungan komunikasi radio mobil ada waktu unit mobil bergerak dan lain waktu diam, ketika unit mobil bergerak, unit mobil bergerak pada kecepatan yang bervariasi dan arah yang bervariasi dan pada saat itu unit mobil mendapat berbagai hamburan lokal, termasuk pengaruh kendaraan lain. Hamburan sepanjang lintasan ini yang menghasilkan fenomena lintasan sinyal jamak, datang pada antena penerima yang ditempatkan dengan benar. Ketika ini terjadi, timbul efek perpanjangan waktu yang dapat menyebabkan sinyal cacat. Kedatangan dua frekwensi berdekatan dengan delay spread berbeda waktu dapat menyebabkan keadaan statistik dua sinyal lintasan jamak menjadi terkorelasi lemah

### IL3 PROPAGASI PADA DAERAH URBAN

Umumnya daerah pelayanan dari komunikasi radio mobil mencakup daerah yang diklasifikasikan sebagai daerah urban, Dimana analisa propagasi gelombang radio perlu memperhatikan kerugian lintasan propagasi. Pengukuran kerugian lintasan propagasi adalah perbedaan antara daya transmisi efektif dan kuat medan rata-rata sinyal yang diterima. Kuat medan sinyal yang ditransmisikan berfluktuasi karena lingkungan urban yang khas dimana lintasan propagasi line of sight antara pemancar dan penerima dibayangi oleh penghalang berupa bangunan yang tinggi.





GAMBAR 2.4  
KETERKAITAN LINGKUNGAN RADIO MOBIL

Kerugian lintasan propagasi radio mobil terutama disebabkan efek daratan dan hamburan lokal sepanjang lintasan dalam lingkungan radio mobil. Lingkungan area propagasi dapat disebutkan sebagai berikut: daerah terbuka, daerah pinggiran kota, daerah perkotaan, dataran datar, dataran berbukit, daerah pepohonan. Sedangkan faktor lain yang harus dipertimbangkan adalah radio horison, refleksi langit, ketinggian antena unit mobil, efek gelombang permukaan. Komponen-komponen dalam lingkungan radio mobil ini dapat digambarkan seperti Gambar 2.4.

### IL3.1 PROPAGASI RUANG BEBAS

Dengan menganggap antena pemancar sebagai satu sumber titik, maka rapat daya



pada jarak  $d$  dari titik pancar adalah sebagai berikut <sup>4</sup>

$$\frac{P_o}{P_i} = \frac{1}{4\pi d^2} \quad (2-1)$$

dimana :  $P_o$  = Kerapatan daya yang diterima ( $\text{watt/m}^2$ )

$P_i$  = Daya pancar

$d$  = Jarak antara pemancar - penerima (m)

Rumus diatas ini menunjukkan daya yang dipancarkan sebesar  $P_i$  secara radial keseluruh volume bola dengan jari-jari  $d$ . Kemudian bila ditinjau tentang penguatan antenna adalah sebesar <sup>5</sup>

$$G = \frac{4\pi}{\lambda} A_{eff} \quad (2-2)$$

dimana:  $G$  = Penguatan antenna

$A_{eff}$  = Luas tangkap antenna ( $\text{m}^2$ )

$\lambda$  = Panjang gelombang (m)

Pada sistem transmisi yang menggunakan antenna pemancar dan antenna penerima dengan penguatan masing-masing  $g_t = g_r = \left(\frac{4\pi}{\lambda}\right) A_{eff}$  maka daya penerimaan dapat ditulis sebagai berikut,

$$P_r = P_o (A_{eff})_r g_r \quad (2-3)$$

Dengan menggunakan persamaan (2-2) dan memasukkan (2-1) ke (2-3) diperoleh rumus untuk menghitung penerimaan sebagai berikut

$$P_r = P_i g_t g_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 \quad (2-4)$$

dimana :  $P_r$  = daya yang diterima

Dari rumus ini terlihat bahwa besarnya daya yang diterima saling berbeda 6 dB untuk penambahan jarak sebesar 2 kali, atau daya penerimaan berbanding terbalik dengan kwadrat jarak pemancar dan penerima.

<sup>4</sup> William C. Jakes, "MICROWAVE MOBILE COMMUNICATION" John Wiley & Sons Inc. New York, thn.1985, hal. 81

<sup>5</sup> Ibid hal. 81

### II.3.2 PROPAGASI DIATAS BUMI DATAR

Gelombang radio yang merambat diatas permukaan bumi datar akan mengalami pantulan seperti Gambar 2.5 diatas ini. Peristiwa ini menyebabkan sinyal yang tiba distasiun penerima datang dari lintasan yang berbeda sehingga antara gelombang langsung dan gelombang yang dipantulkan mempunyai fase yang berbeda. Dengan perhitungan ilmu ukur (geometri) beda phase dapat dituliskan sebagai berikut <sup>6</sup>

$$\delta = \frac{2\pi d}{\lambda} \left[ \left( \frac{h_1 + h_2}{d^2} \right)^2 + 1 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{2\pi d}{\lambda} \left[ \left( \frac{h_1 + h_2}{d^2} \right)^2 + 1 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2-5)$$

bila nilai d lebih besar dari 5 h<sub>1</sub> h<sub>2</sub> maka berlaku sebagai berikut

$$\delta = \frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda d} \quad (2-6)$$

Sedangkan besarnya daya yang diterima oleh penerima adalah sebagai berikut

$$P_r = P_t \left[ \frac{\lambda}{4\pi d} \right]^2 g_t g_r \left| 1 + Re^{j\delta} + (1-R)Ae^{j\delta} + \dots \right|^2 \quad (2-7)$$

dimana : R = Koefisien pantul permukaan bumi

A = Faktor atenuasi gelombang permukaan

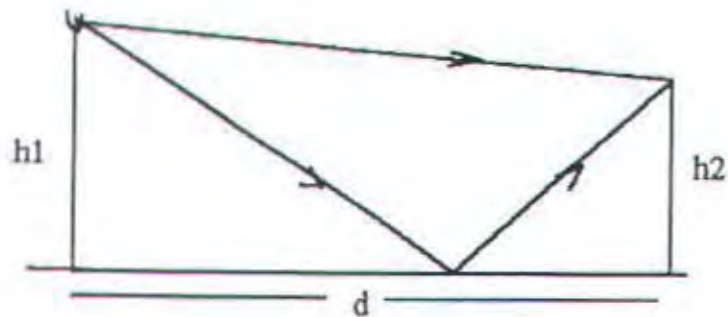
$\delta$  = beda phase antara gelombang langsung dan gelombang pantul

Persamaan diatas menunjukkan bahwa suku pertama adalah gelombang pancar, suku kedua menunjukkan gelombang pantul dan suku ke tiga adalah gelombang permukaan bumi. Dengan mengambil nilai pendekatan R = -1 dan dengan memasukkan persamaan (2-6) ke (2-7) diperoleh daya yang diterima sebagai berikut,

$$P_r = 4 P_t \sin^2 \left[ \frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d} \right] \quad (2-8)$$

dimana : P<sub>r</sub> = total daya penerimaan (watt)

<sup>6</sup> Ibid hal. 82

GAMBAR 2.5<sup>7</sup>

## PERAMBATAN GELOMBANG DI ATAS BUMI DATAR

$P_0$  = daya yang diterima dalam ruang bebas (watt)

$h_1$  = tinggi antena pemancar

$h_2$  = tinggi antena penerima

$d$  = Jarak

## IL.3.3 PENGARUH MULTIPATH TERHADAP PARAMETER SINYAL

Dalam komunikasi radio mobil yang melibatkan stasiun dasar yang tetap dan unit mobil yang bergerak, sinyal yang ditransmisikan biasanya telah mengalami pemantulan, penghamburan dan pembelokan sehingga sinyal rf yang diterima oleh unit mobil adalah jumlah dari sinyal langsung dan beberapa sinyal pantulan dan dapat menghasilkan sinyal yang terdistorsi

Pada transmisi pita sempit adanya lintasan jamak menyebabkan fluktuasi pada amplitudo dan phase dari sinyal yang diterima, Sedangkan pada transmisi pita



lebar akan menimbulkan perlambatan waktu disamping peredaman amplitudo dan pergeseran phase. Dari penjelasan ini maka ada tiga parameter penting yang mempengaruhi kanal radio mobil dimana ketiganya merupakan variabel random yang mempunyai distribusi tertentu.

### II.3.3.1 PEREDAMAN AMPLITUDO

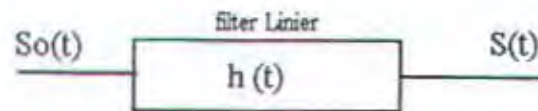
Peredaman amplitudo terjadi karena sinyal yang dipancarkan dari stasiun dasar mengalami multipath fading dimana sinyal yang diterima sebelumnya telah mengalami beberapa kali pantulan, pembelokan dan pembiasan. Hal ini menyebabkan besarnya amplitudo sinyal menurun bila dibandingkan dengan lintasan langsung. Dari beberapa data percobaan yang telah dilakukan besarnya amplitudo dari sinyal akibat adanya peredaman mempunyai distribusi log normal untuk daerah yang luas (lebih dari  $200\lambda$ ), Sedangkan untuk daerah yang kecil mempunyai distribusi Rayleigh atau Rice. Amplitudo dari sinyal tersebut adalah independent terhadap perlambatan waktu maupun pergeseran phase.

### II.3.3.2 PERGESERAN PHASE

Phase dari sinyal berhubungan erat dengan panjang lintasan dan akan berubah sebesar  $2\pi$  rad, untuk perubahan panjang lintasan sebesar  $1\lambda$ . Jika sinyal mengalami pantulan atau pembelokan maka lintasan akan menjadi lebih panjang sehingga menyebabkan phase dari sinyal yang ditangkap oleh antenna penerima mengalami pergeseran.

### II.3.3.3 PERLAMBATAN WAKTU

Adanya fenomena lintasan jamak pada sistem komunikasi radio mobil akan

GAMBAR 2. 6<sup>8</sup>

## MODEL MATEMATIK DARI KANAL

menimbulkan delay spread, yaitu apabila sinyal yang diterima mengalami perlambatan waktu. Ketidak teraturan letak dari bidang pantul disekitar penerima akan menyebabkan perlambatan waktu ini mempunyai distribusi Poisson. Perlambatan waktu ini sifatnya independent terhadap peredaman amplitudo dan pergeseran phase

## IL3.3.4 ANALISA KANAL RADIO

Kanal dari radio mobil dapat dianggap sebagai filter linier seperti pada gambar 2.6, Harga kompleks dari impulse respons dinyatakan sebagai berikut<sup>9</sup>

$$h(t) = \sum_{K=0}^{\infty} a_K \delta(t - \tau_K) e^{j\theta_K}$$

dimana :  $a_K$  = amplitudo sinyal ke K

$\tau_K$  = waktu kedatangan dari sinyal ke K

$\theta_K$  = fase sinyal ke K

Sinyal yang diterima oleh antenna penerima adalah  $\text{Re}(\delta(t) e^{j\omega_0 t})$ ,  $t \in (-\infty, \infty)$ , dimana  $\omega_0$  adalah frekwensi kariernya.

## IL4 MODEL DARI MEDIA TRANSMISI RADIO MOBIL

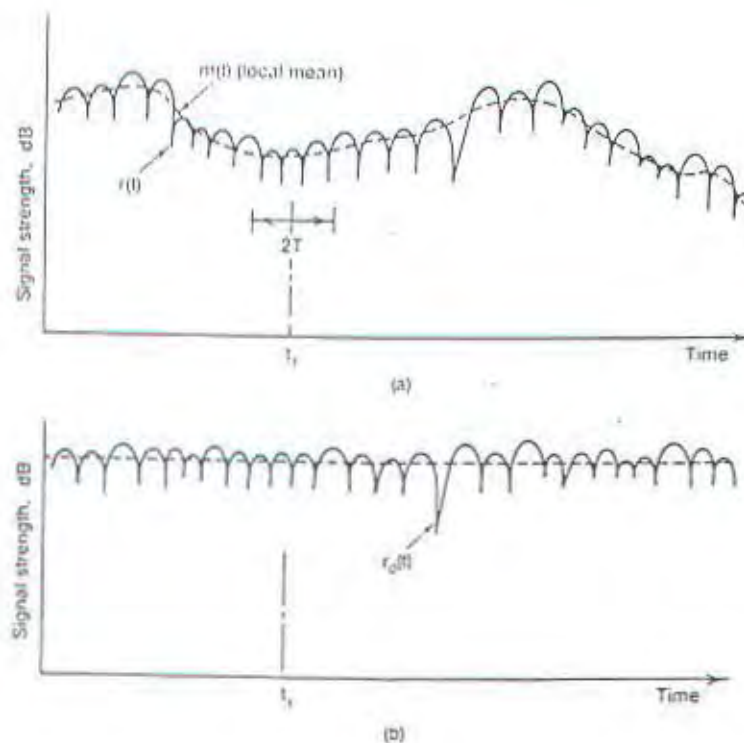
Dalam kenyataannya sistem komunikasi radio mobil tidak dirancang untuk

<sup>8</sup> G.L. Turin, SIMULATION OF URBAN RADIO PROPAGATION AND URBAN RADIO COMMUNICATION SYSTEM\* Japan, 1978 hal 343.

<sup>9</sup> Ibid hal. 343

komunikasi ruang bebas atau permukaan tanah datar. Daerah pelayanannya kebanyakan meliputi daerah yang diklasifikasikan sebagai daerah urban, dimana sinyal radio banyak mengalami scattering dan multipath reflection karena halangan yang ada pada lintasannya, akan menyebabkan timbul fading yaitu naik turunnya level yang diterima.

Sinyal radio yang mengalami fading pada dasarnya merupakan gabungan dari dua komponen fading seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7 dimana



GAMBAR 2.7<sup>10</sup>

#### REPRESENTASI FADING SINYAL RADIO MOBIL

(a) FADING DARI SINYAL MOBIL (b) SINYAL SHORT TERM FADING



$r(t)$  terdiri dari long term fading  $m(t)$  dan short term fading  $r_o(t)$  yang dapat dipisahkan secara statistik. Sinyal  $r(t)$  ini dapat dinyatakan sebagai berikut,

$$r(t) = m(t) r_o(t) \quad (2-9)$$

$$r(x) = m(x) r_o(x) \quad (2-10)$$

#### IL.4.1 LONG TERM FADING

Long term fading adalah rata-rata atau envelope dari sinyal fading yang diterima seperti titik yang digambarkan pada Gambar 2.7a, fading ini juga disebut local mean yaitu harga yang menunjukkan rata-rata mean (mean average) dari kuat medan pada masing-masing local point. Estimasi local mean  $\hat{m}(x_1)$  pada titik  $x_1$  sepanjang sumbu  $x$  dapat diekspresikan sebagai berikut,<sup>11</sup>

$$\hat{m}(t) = \frac{1}{2L} \int_{x_1-L}^{x_1+L} r(x) dx = \frac{1}{2L} \int_{x_1-L}^{x_1+L} m(x) r_o(x) dx \quad (2-11)$$

dengan mengasumsikan bahwa  $m(x_1)$  adalah local mean pada saat dititik  $x_1$  dalam gambar 2.7a.

$$m(x=x_1) = \hat{m}(x=x_1), \quad x_1 - L < x < x_1 + L \quad (2-12)$$

Panjang  $L$  ditentukan setelah mengetahui karakteristik secara statistik dari short term fading  $r_o(x)$ . Bila panjang  $L$  diketahui dengan tepat maka persamaan (2-11) akan menghasilkan<sup>12</sup>

$$\hat{m}(t) = m(x_1) \frac{1}{2L} \int_{x_1-L}^{x_1+L} r_o(x) dx \rightarrow 1 \quad (2-13)$$

Sinyal long term fading yang merupakan envelop dari sinyal rf yang diterima, terutama disebabkan oleh variasi-variasi skala kecil dari topografi karena konfigurasi terrain dan lingkungan buatan manusia. Konfigurasi terrain menyebabkan local mean attenuation dan fluctuation dan membentuk distribusi log

<sup>11</sup> William C.Y.Lee, COMMUNICATION DESIGN FUNDAMENTAL, op. cit, hal. 7

<sup>12</sup> Ibid hal 7

normal, sedangkan lingkungan buatan manusia hanya menyebabkan local mean dan fluktuasi short term fading (fading) dari sinyal yang diterima.

#### IL.4.2 SHORT TERM FADING

Komponen  $r_o(t)$  disebut juga sebagai multipath fading, fading cepat atau Rayleigh fading yang disebabkan oleh fenomena scattering, yaitu transmisi gelombang yang mengalami pantulan oleh penghambur local seperti rumah, gedung-gedung tinggi dan struktur buatan manusia lainnya, baik yang diam maupun yang bergerak dan bukan karena bentuk alam pegunungan atau perbukitan. Sinyal yang dipancarkan dari stasiun dasar dapat dinyatakan sebagai berikut,<sup>13</sup>

$$S_o(t) = a_o \exp [j (\omega_o t + \phi_o)] \quad (2-14)$$

dimana :  $S_o(t)$  = Sinyal karier yang dipancarkan dari stasiun dasar

$a_o$  = Amplitudo sinyal

$\phi_o$  = phase

$\omega_o = 2\pi f_o$ ,  $f_o$  = frekwensi pembawa

Sinyal  $s(t)$  yang diterima oleh unit mobil yang diam yang berasal dari  $N$  lintasan seperti gambar 2.8 dapat dinyatakan sebagai berikut<sup>14</sup>

$$S(t) = \sum_{i=1}^N a_i S_o(t - \tau_i) \quad (2-15)$$

Total waktu propagasi untuk lintasan ke  $i$  adalah

$$\tau = \bar{\tau} + \Delta\tau_i \quad (2-16)$$

$$\text{dimana : } \tau = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \tau_i \quad (2-17)$$

Substitusi  $S_o(t - \tau_i)$  pada persamaan (2-15) ke  $S_o(t)$  persamaan (2-14) akan diperoleh

$$S(t) = x(t - \bar{\tau}) \exp [j2\pi f_o(t - \bar{\tau}) + j\phi_o] \quad (2-18)$$

<sup>13</sup> William .C.Y.Lee, MOBILE COMMUNICATION ENGINEERING, McGraw-Hill, Inc. New-York, thn.1993, hal. 26

<sup>14</sup> Ibid hal. 27



dimana selubung  $x(t)$  dari sinyal  $s(t)$  adalah:<sup>15</sup>

$$x(t) = a_0 \sum_{i=1}^N a_i \exp(-j2f_0 \Delta\tau_i) \quad (2-19)$$

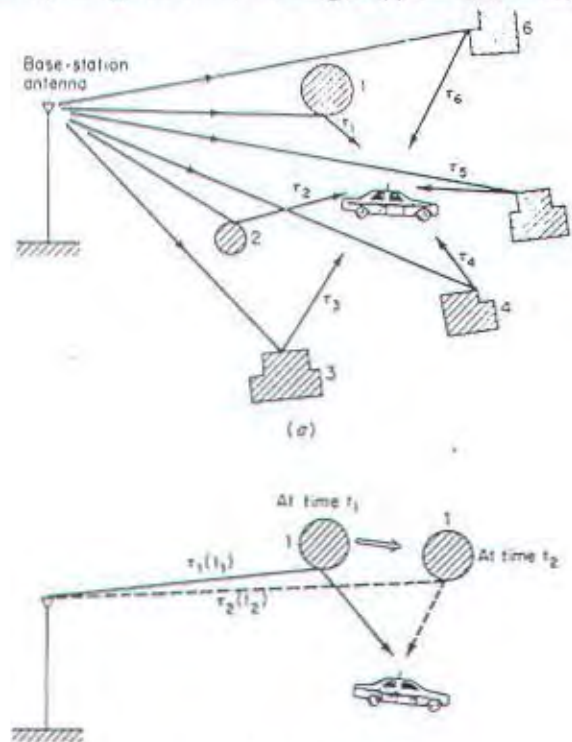
dimana :  $N$  = jumlah lintasan

$S(t)$  = Sinyal yang diterima oleh penerima

$a_i$  = Faktor atenuasi lintasan ke  $i$

$\tau_i$  = waktu perambatan lintasan ke  $i$

Persamaan (2-19) ini menunjukkan fenomena lintasan jamak dimana nilai  $x(t)$  ini ditentukan oleh panjang lintasan, keadaan medium dan koefisien pantul dari berbagai penghambur, dengan demikian harga  $x(t)$  ini selalu akan berubah-ubah



GAMBAR 2.8<sup>16</sup>

(a). KEADAAN MOBIL DAN BIDANG PANTUL DIAM

(b). KEADAAN BIDANG PANTUL BERGERAK DAN UNBIT MOBIL DIAM.

<sup>15</sup> Ibid hal. 27

<sup>16</sup> Ibid hal. 27



sebagai fungsi dari  $a_i$  dan  $\tau_i$

Pada keadaan lain dimana unit mobil diam sedangkan bidang pantul disekitarnya bergerak (berupa kendaraan lain) seperti pada gambar 2.8a, maka faktor perlambatan  $\tau_i$  dan faktor atenuasi  $a_i$  akan berbeda untuk masing-masing lintasan, sehingga sinyal yang diterima (persamaan 2 - 15) akan berubah sebagai berikut<sup>17</sup>

$$S(t) = x(t) \exp(j\phi_0) \exp(j2\pi f_0 t) \quad (2 - 20)$$

dimana

$$x(t) = \sum_{i=1}^N a_i a_i(t) \exp[-j2\pi f_0 \tau_i(t)] \quad (2 - 21)$$

Juga dapat diasumsikan bila unit mobil bergerak maka ada tiga keadaan yang perlu diperhatikan yaitu: (a) Tidak ada bidang pantul, (b) Hanya ada satu bidang pantul dan (c) ada banyak bidang pantul disekitarnya.

Jika mobil bergerak dengan kecepatan  $V$  dan tidak ada bidang pantul disekitarnya seperti terlihat pada gambar 2.9a, maka sinyal yang diterima pada sudut  $\theta$  terhadap gerakan mobil adalah,<sup>18</sup>

$$S_r = A \exp[j(2\pi f_t t - \beta x \cos \theta)]$$

dimana :  $\beta = 2\pi/\lambda$ ,  $\lambda$  = panjang gelombang

$j2\pi f_t t$  = frekwensi yang dipancarkan dalam kawasan waktu

$x$  = pergerakan,  $Vt$

$f_t$  = frekwensi propagasi

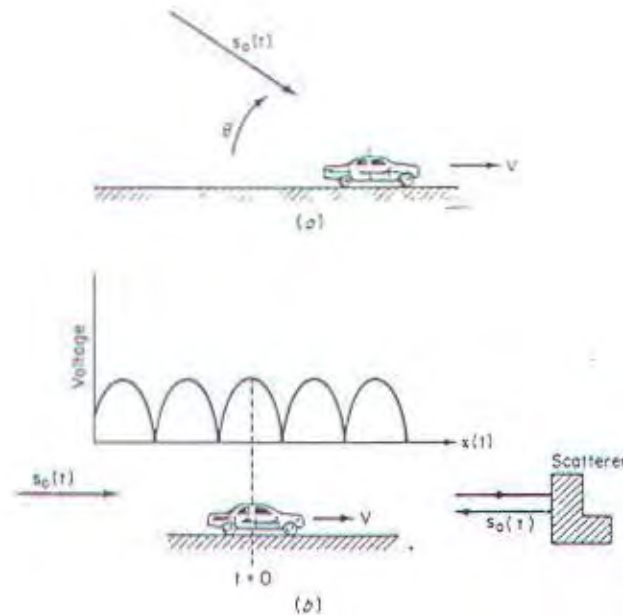
maka persamaan diatas dapat ditulis sebagai berikut

$$S_r = A \exp[j2\pi(f_t - V/\lambda \cos \theta)t] \quad (2 - 23)$$

Sedangkan pergeseran frekwensi doppler  $f_d$  dinyatakan sebagai berikut

<sup>17</sup> Ibid hal. 27

<sup>18</sup> Ibid hal. 27

GAMBAR 2.9<sup>19</sup>

(a). PENERIMAAN SINYAL SAAT UNIT MOBIL BERGERAK

(b) ARAH DATANG SINYAL BERLAWANAN DENGAN BIDANG PANTUL

$f_t = \frac{f}{\lambda} \cos \theta$ , dan frekwensi yang diterima adalah  $f_t = f_i - \frac{f}{\lambda} \cos \theta$

Jika sinyal datang dari satu arah dan dipantulkan oleh bidang pantul berlawanan arah sinyal datang, maka untuk menyederhanakan persoalan dianggap sudut  $\theta = 0$ , maka hanya ada satu sinyal yang diterima oleh unit mobil seperti yang terlihat pada gambar 2.9b yang dapat dinyatakan sebagai berikut<sup>20</sup>

$$s(t) = a_0 \exp [j(\omega_0 t + \phi_0 - \beta Vt)] - a_0 \exp [j(\omega_0 t + \phi_0 + \beta Vt - \omega_0 t)] \quad (2 - 24)$$

atau

$$s(t) = -j 2a_0 \sin \left[ \beta - \frac{\omega_0 t}{2} \right] \exp \left[ j \left( \omega_0 t + \phi_0 - \frac{\omega_0 t}{2} \right) \right] \quad (2 - 25)$$

<sup>19</sup> ibid hal. 29

<sup>20</sup> ibid hal. 29

dari persamaan ini amplitudo sinyal  $s(t)$  akan bernilai nol bila  $\beta Vt = n\pi + \omega_0 t/\lambda$ , dimana  $n = 1, 2, 3$ , dst. Dari kasus ini dapat menunjukkan timbulnya fading cepat yang dialami oleh sinyal penerima radio mobil dengan frekwensi fading sebesar  $V/\lambda$ . Pada kondisi ketiga dimana ada sejumlah  $N$  gelombang pantul yang datang, tetapi tidak ada gelombang langsung, maka sinyal yang diterima pada unit mobil adalah,<sup>21</sup>

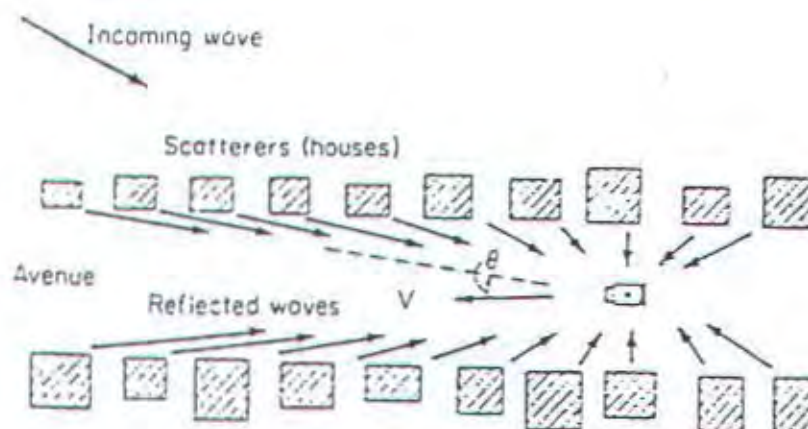
$$= \sum_{i=1}^N A_i \exp(2\pi f_i t) \exp(j\beta V_i \cos \theta_i) \quad (2-26)$$

dimana :  $f_i$  = frekwensi yang dipancarkan

$V$  = kecepatan unit mobil

$\theta_i$  = arah dari gelombang ke  $i$  yang datang seperti gambar 2.10

Untuk menunjukkan sinyal fading maka variable  $A_i$  adalah variabel yang acak



GAMBAR 2.10<sup>22</sup>

KONDISI DIMANA ADA N GELOMBANG PANTUL

<sup>21</sup> William C.Y. MOBIL COMM. DESIGN FUNDAMENTAL, op. cit. hal. 15  
<sup>22</sup> William C.Y. MOBIL COMM. ENGINEERING, op.cit hal. 32



kompleks dengan mean 0 dan varian 1 dan  $\theta_i$  juga adalah variable acak dari  $0^\circ$  sampai  $360^\circ$ , sehingga persamaan ( 2-26 ) menunjukkan sinyal fading.

## IL.5 APLIKASI STATISTIK DALAM LINGKUNGAN RADIO MOBIL

Teori statistik adalah alat yang ampuh untuk menyelesaikan dan menganalisa berbagai macam tipe alamiah yang kompleks yang mempengaruhi perambatan gelombang radio. Fenomena radio mobil dengan fading lintasan jamak lebih mudah untuk dianalisa secara statistik. Beberapa model statistik yang sering digunakan untuk membahas kanal radio mobil adalah:

### IL.5.1 NILAI RATA-RATA

Dalam memproses data dikenal macam-macam definisi nilai rata-rata yang sering digunakan dalam komunikasi mobil yaitu: rata-rata sampel  $\bar{x}$ , biased time average  $\bar{x}(t)$ , rata-rata ensemble  $E(x)$  dan unbiased time average

#### IL.5.1.1 RATARATA SAMPEL ( $\bar{x}$ )

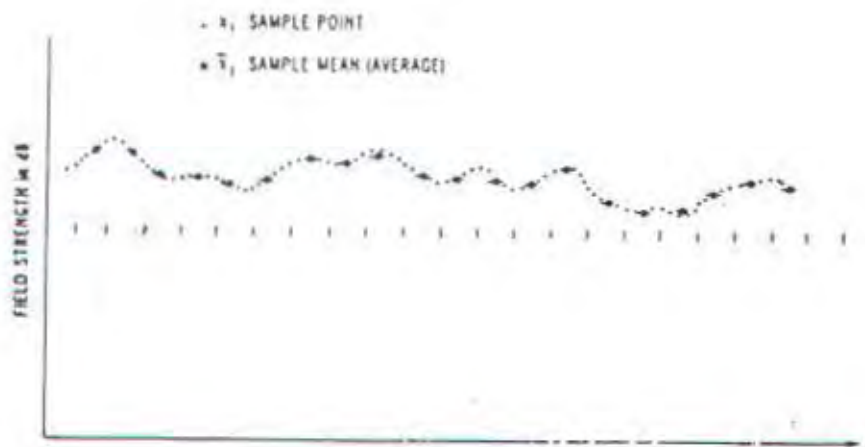
Rata-rata sampel ( $\bar{x}$ ) dari suatu set yang terdiri dari  $n$  pengukuran, yaitu  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  adalah sama dengan jumlah variabel  $x$  dibagi  $n$ . ditulis sebagai berikut:<sup>23</sup>

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (2-27)$$

dimana:  $x_i$  = variabel acak

$N$  = jumlah percobaan

Dari persamaan (2-27) kita dapat memperoleh distribusi dari  $\bar{x}$ , diasumsikan suatu set ada  $M$  variabel  $x_i$  dimana  $M \gg N$ , maka rata-rata sampelnya adalah  $M/N$  dari

GAMBAR 2.11<sup>24</sup>

#### RATA-RATA SAMPEL KUAT MEDAN

sejumlah  $x$  sehingga diperoleh variabel baru. Maka distribusi dari variabel acak  $x_j$  adalah

$$\bar{x}_j = \sum_{i=j-1}^{jN} \frac{x_i}{N} \quad (2-27a)$$

Jika  $x_i$  dalam skala dB, maka  $x_j$  adalah merupakan variabel log normal seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-12.

#### IL5.1.2 RATA-RATA STATISTIK

Disebut juga dengan rata-rata ensambel, adalah jika jumlah  $N$  pada rata-rata sampel mendekati tak terhingga, maka secara matematik ditulis

$$E(x) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (2-28)$$

Untuk menentukan jumlah  $N$  maka perlu ada faktor toleransi sebagai berikut

$$[E(t) - \bar{x}]^2 < \delta$$

dimana  $\delta$  adalah toleransi kesalahan

### II.5.1.3 BIASED TIME AVERAGE $\bar{x}(t)$

Bilamana proses acak kontinue  $x(t)$  dicatat dalam skala waktu maka rata-rata dapat diperoleh sebagai berikut

$$\bar{x}(t) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt \quad (2-29)$$

dimana  $x(t)$  adalah besaran statistik sebagai fungsi waktu

### II.5.1.4 UNBIASED TIME AVERAGE

Adalah nilai rata-rata dari proses acak kontinue  $x(t)$  dalam interval waktu  $T$  yang panjangnya mendekati tak berhingga, dituliskan sebagai berikut

$$\langle x(t) \rangle = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt \quad (2-30)$$

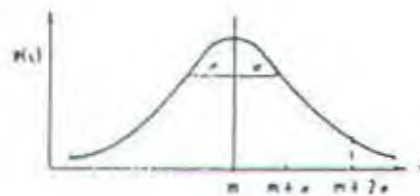
Dalam pengukuran yang sebenarnya harga  $T$  tidak akan mencapai harga tak berhingga, maka untuk menentukan harga  $T$  adalah dengan  $[\langle x(t) - \bar{x}(t) \rangle^2] < \delta$ , dimana  $\delta$  adalah unit desimal yang mendekati nol. Jika harga rata-rata statistik yang diperoleh pada kawasan ensambel sama dengan kawasan waktu maka proses acak ini disebut dengan proses ergodik, secara matematis ditulis sebagai berikut

$$\begin{aligned} E[x(t)] &= \langle x(t) \rangle \\ E[x^2(t)] &= \langle x^2(t) \rangle \\ E[x^n(t)] &= \langle x^n(t) \rangle \end{aligned} \quad (2-31)$$

## II.5.2 FUNGSI KERAPATAN PROBABILITAS

Fungsi kerapatan probabilitas (pdf = probability density function) didefinisikan sebagai turunan  $x$  dari fungsi kumulatif. Biasanya pdf diperoleh dari data-data



GAMBAR 2.12<sup>25</sup>

## KURVA DISTRIBUSI NORMAL pdf

percobaan dalam harga dB dan dinotasikan sebagai berikut

$$P(y) = \left[ \frac{20 \log_{10} e}{y} \right] p(x) \quad (2-32)$$

dimana :  $p(y)$  = pdf dari  $y$  dalam skala linier

$p(x)$  = pdf dari  $x$  dalam skala desibel

Secara teori ada tiga pdf yang digunakan untuk menggambarkan lingkungan radio mobil yaitu:

## IL5.2.1 LOG NORMAL pdf

Log normal pdf dipergunakan untuk menggambarkan long term fading atau local mean dari sinyal radio mobil dan ditulis sebagai berikut

$$P(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \exp \left[ -\frac{(y-m)^2}{2\sigma_y^2} \right] \quad (2-33)$$

dimana :  $y$  = variabel log normal (dB)

$m$  = harga mean (dB)

$\sigma_y$  = harga standart deviasi (dB)

Kuat medan sinyal tersebut dibuat distribusi kumulatif dan diambil turunan pertamanya terhadap besaran tertentu  $y$ , untuk mendapatkan pdf nya. Log normal pdf

mempunyai bentuk yang simetris terhadap level mean seperti gambar 2.12 yaitu menyerupai bentuk distribusi normal.

### II.5.2.2 RAYLEIGH pdf

Rayleigh pdf digunakan untuk menggambarkan analisa sinyal radio mobil short term fading atau multipath fading, bentuk kurvanya seperti Gambar 2.13 dan fungsi kerapatan probabilitasnya adalah sebagai berikut<sup>26</sup>

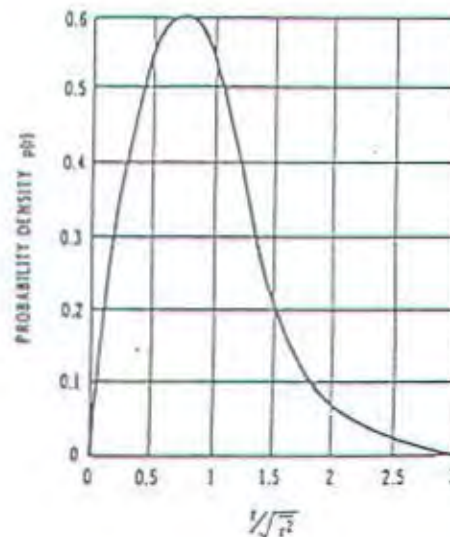
$$P(r) = \frac{r}{\sqrt{r^2}} \exp\left(-\frac{r^2}{r^2}\right) \quad (2-34)$$

dimana :  $\bar{r^2}$  = daya rata-rata dari short term fading

$\sqrt{r^2}$  = harga rms dari short term fading

nilai standart deviasinya adalah  $\sigma_r = \frac{\sqrt{1-\pi}}{2} (\sqrt{r^2})$

mean dari r adalah  $m = \frac{\sqrt{\pi}}{2} (\sqrt{r^2})$



GAMBAR 2.14.<sup>27</sup>

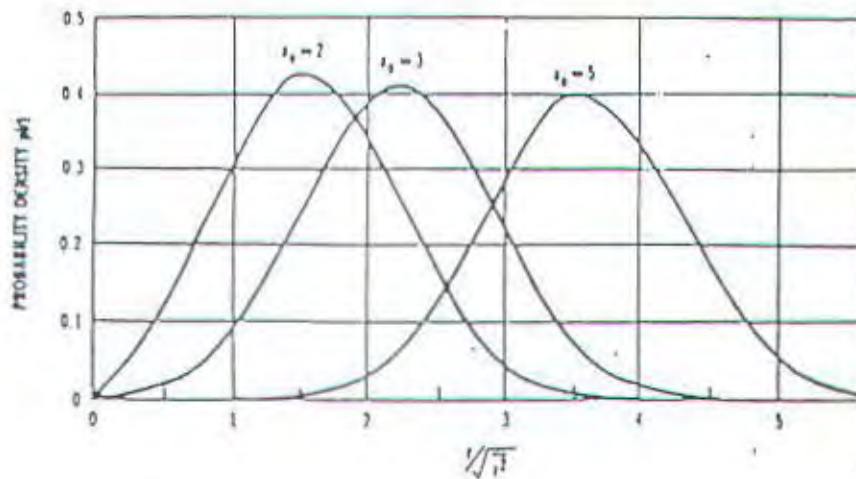
KURVADISTRIBUSI RAILEIGH pdf

<sup>26</sup>

Ibid hal. 26

<sup>27</sup>

Ibid hal. 25

GAMBAR 2.14<sup>28</sup>

## KURVA DISTRIBUSI RICIAN

## II.5.2.3 RICIAN pdf

Rician pdf biasanya digunakan untuk menganalisa gelombang langsung dan gelombang pantul, fungsi probabilitas kerapatannya adalah sebagai berikut

$$p(r) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{r^2}} \left( \frac{r}{2\pi a} \right)^2 \exp \left( -\frac{(r-a)^2}{r^2} \right) \quad (2-35)$$

dimana :  $r$  = envelope dari sinyal

$a$  = amplitudo dari gelombang langsung

$\bar{r^2}$  = rata-rata dari sinyal fading

$\sqrt{\bar{r^2}}$  = harga rms dari  $r$

Bila nilai  $a$  besar,  $r$  mendekati  $a$  maka persamaan diatas menjadi distribusi gaussian (normal). Bila tidak ada gelombang langsung dan nilai  $a$  mendekati nol maka persamaan diatas menjadi Rayleigh pdf.

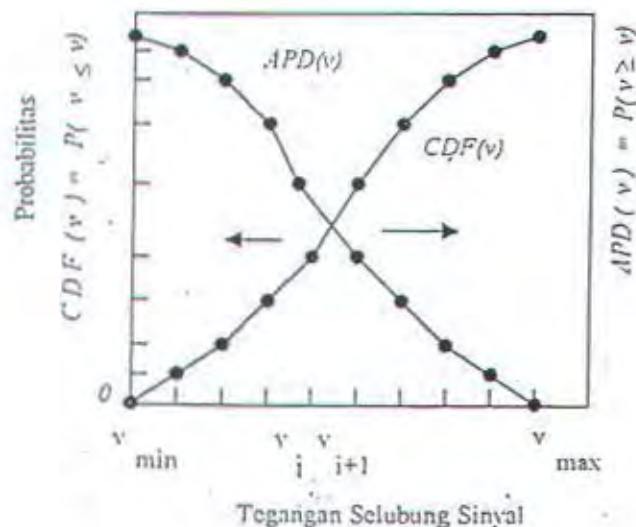


### II.5.3 DISTRIBUSI PROBABILITAS KUMULATIF

Dari sinyal fading yang sama dengan Gambar 2-15 dihitung  $N_i$  sampel titik. Untuk variabel acak yang mempunyai nilai spesifik, distribusi probabilitas kumulatif (CPD) didefinisikan sebagai probabilitas dari variabel acak kejadian  $x$  bernilai sama atau kurang dari harga  $x$ . notasinya adalah sebagai berikut  $F_x(X) = \text{prob}(x \leq X)$  dimana  $F_x(X)$  disebut fungsi distribusi probabilitas dari  $x$ , dan mempunyai sifat-sifat :  $F_x(-\infty) = 0$  dan  $F_x(\infty) = 1$

$$0 \leq F_x(X) \leq 1$$

Distribusi probabilitas kumulatif ini sering digunakan pada distribusi yang kontinue. Pada pengukuran kuat medan sinyal yang diterima dalam sistem komunikasi mobil data disusun berdistribusi untuk berbagai interval secara



GAMBAR 2.15<sup>29</sup>

### FUNGSI DISTRIBUSI KUMULATIF DARI TEGANGAN ENVELOPE

<sup>29</sup>

Edward N. Skornal, MEASURING THE RADIO FREQUENCY ENVIRONMENT, Reinhold Company, New-York, thn. 1985, hal. 313

kumulatif kemudian bentuk kurva yang diperoleh didekati dengan fungsi distribusi yang mendekati kurva tersebut, sehingga analisa selanjutnya terhadap kuat medan pada stasiun penerima mobil tersebut dilakukan dengan menggunakan sifat-sifat distribusi tersebut.

## **BAB III**

### **PENGUKURAN PROPAGASI**

#### **III.1 PROPAGASI LINTASAN JAMAK**

Sudah dijelaskan bahwa redaman propagasi merupakan selisih antara daya yang dipancarkan dengan daya yang diterima. Dalam sistem komunikasi radio besarnya redaman perambatan tersebut antara lain dipengaruhi oleh : frekwensi kerja, jarak antara pemancar dan penerima, keadaan medium transmisi termasuk yang mempengaruhinya dan obyek yang dapat menghalangi lintasan perambatan gelombang. Kurva-kurva propagasi telah mencatat pengelompokan yang berhubungan dengan lingkungan dan ketidak teraturan permukaan tanah secara tepat, sehingga ramalan kuat medan pada daerah yang tidak teratur ini memberikan hasil yang dekat dengan harga yang diukur.

##### **III.1.1 KLASIFIKASI DAERAH PERAMBATAN**

Berdasarkan keaneka ragaman kondisi lingkungan, daerah perambatan sinyal pada komunikasi radio mobil, kita dapat mengklasifikasikan kelompok lingkungan menurut derajat kongesti dalam daerah-daerah geografinya seperti yang diklasifikasikan dalam tabel 3 - 1

###### **III.1.1.1 DAERAH TERBUKA**

Daerah terbuka (open area) adalah daerah perambatan gelombang dari pemancar sampai dipenerima tidak banyak mengalami halangan atau rintangan yang



TABEL 3.1<sup>30</sup>

## KLASIFIKASI TERRAIN

Katagori	Karakteristik
Open area	Very few structures in the propagation path, such as tall buildings and trees, farm land, open field, and rice field, for example
Suburban area	Residential, with small one or two-story house, area with some obstacles near vehicular radio, still not very congested
Urban area	Heavily build-up areas with tall buildings and high rise apartment building, which can further be divided into dense urban, moderate urban and geographically urban

menyebabkan gelombang dipantulkan. Sebagai contoh daerah terbuka adalah daerah pertanian, perkebunan yang tidak mempunyai pepohonan yang tinggi dan tidak berbukit

### III.1.1.2 DAERAH SUBURBAN

Adalah daerah jalan raya dipinggiran kota atau daerah tempat tinggal dengan rumah-rumah dan taman, lapangan tempat bermain.

### III.1.1.3 DAERAH URBAN

Adalah daerah yang dipenuhi dengan gedung-gedung yang tinggi, blok-blok bisnis, perkantoran dan pertokoan dan kepadatan lalu lintas yang tinggi. Daerah ini dapat dikelompokkan lagi sebagai berikut: Kota raya yang padat (dense Urban), kota besar (moderat urban) dan kota kecil (geographically limited urban)

30

Asha Mehrotra "CELLULAR RADIO PERFORMANCE ENGINEERING" Artech House, Inc  
London, 1994, hal. 154

### III.1.2 FAKTOR PENGELOMPOKAN DAERAH

Secara kuantitatif ada dua parameter yang dipakai untuk mendefinisikan daerah-daerah yang mempunyai banyak gedung-gedung dan rumah-rumah. Pertama dengan faktor pemakaian tanah, yaitu persentasi luas tanah yang dipakai untuk bangunan. Kedua faktor derajat urbanisasi, yang menggambarkan persentasi dari bangunan-bangunan tinggi dengan luas daerah yang ada rumah tinggal dan gedung tinggi (build up area). Dari diskripsi ini faktor-faktor pengelompokan (clutter factor) di daerah urban dapat dituliskan sebagai berikut <sup>31</sup>

$$\beta \text{ (dB)} = 20 + f/40 + 0,18 L - 0,34 H + K \quad (3 - 1)$$

dimana :  $K = 0,094 U - 5,9$

$L$  = Persentase dari tanah  $500 \text{ m}^2$  yang ditempati oleh bangunan

$H$  = Perbedaan tinggi antara pemancar dan penerima

$U$  = Persentasi dari  $L$  yang ditempati oleh bangunan-bangunan yang tinggi (diambil gedung yang lebih tinggi dari 4 tingkat)

sehingga model prakiraan median path loss pada daerah urban adalah sebagai berikut <sup>32</sup>

$$\frac{P_R}{P_T} = G_T G_R \left( \frac{h_T h_R}{d^2} \right)^2 \beta \quad (3 - 2)$$

atau rugi-rugi lintasan (db) =  $L_{PE} \text{ (dB)} + \beta \text{ (dB)}$

### III.1.3 PERAMALAN MEDIAN PATH LOSS DENGAN CARA HATA

Dalam transmisi gelombang radio pada dasarnya ada tiga faktor yang terjadi secara bersama-sama yaitu free space loss, Log normal fading, dan Rayleigh

<sup>31</sup> Parsons J.D. RADIOWAVE PROPAGATION, Edited by MPM Hall  
dan L.W Barclay, Peter Peregrinus Ltd. hal. 274.

<sup>32</sup> Ibid. hal. 274.



fading. Log normal fading disebabkan oleh rugi-rugi obstracle, sedangkan multipath fading disebabkan oleh interferensi antara berbagai lintasan sinyal. Efek kumulatif dari ketiga tipe fading ini dihitung dengan rumus empiris.

Untuk meramalkan power median yang diterima oleh unit mobil dari stasiun dasar, Okumura membuat model persamaan yang didasari dari pengukuran yang luas di kota Tokyo. Rugi-rugi propagasi yang dihitung dengan teknik Okumura ini dalam prakteknya sangat baik sekali, tetapi tidak praktis jika diterapkan dalam komputer karena data-data yang tersedia dalam bentuk kurva, jadi untuk mengimplementasikan kedalam komputer data harus dimasukkan memori komputer point to point, oleh karena itu untuk membuat teknik Okumura cocok untuk implementasi komputer maka Hata telah mengembangkan perhitungan median path loss  $L_p$  untuk daerah Urban, Suburban dan daerah terbuka. Redaman propagasi yang diperoleh Hata berdasarkan data hasil percobaan Okumura adalah sebagai berikut

### III.1.3.1 FORMULA REDAMAN PROPAGASI

Menurut Hata redaman propagasi yang terjadi adalah sebagai berikut<sup>33</sup>

#### 1. Daerah Urban

$$L_p = 69,5 + 26,16 \log_{10} (f_c) - 13,82 \log_{10} (h_b) - a(h_m) \quad (3-3)$$

$$+ [44,9 - 6,55 \log_{10} (h_b)] \log_{10} (r) \quad (\text{dB})$$

#### 2. Daerah kota besar (Medium or large)

$$a(h_m) = [(1,1) \log_{10} (f_c) - 0,7] h_m - [(1,56) \log_{10} (f_c) - 0,8]$$

<sup>33</sup>

Asha mehrotra, CELLULER RADIO PERFORMANCE ENGINEERING, Artech House, Inc. London, thn. 1994, hal. 152.



Daerah kota metropolitan

$$\begin{aligned} a(h_m) &= 8.29[\log_{10}(1.54 h_m)]^2 - 1.1 f_c \leq 200 \text{ MHz} \\ &= 3.2 [\log_{10}(11.75 h_m)]^2 - 4.94 f_c \leq 400 \text{ MHz} \end{aligned}$$

3. Daerah Suburban

$$L_{ps} = L_p (\text{urban area}) - 2 [\log_{10}(f_c/28)]^2 - 5.4 \text{ (dB)}$$

4. Daerah terbuka

$$L_{ps} = L_p (\text{urban area}) - 4.78 [\log_{10}(f_c)]^2 + (18.33)\log_{10}(f_c) - 40.94 \text{ (dB)}$$

dimana :  $f_c$  = frekwensi. ; 150 MHz - 1500 MHz

$h_b$  = tinggi efektif antena stasiun dasar, 30 - 200 meter

$h_m$  = tinggi antena mobil 1 - 10 meter

$r$  = Jarak pemancar - penerima, 1 - 20 Km.

### III.1.3.2 FORMULA DAYA PENERIMAAN

Untuk meramalkan median power yang diterima oleh unit mobil terhadap gelombang yang dipancarkan dari stasiun dasar, Okumura membuat model persamaan yang didasari dari pengukuran yang dilakukannya di daerah Tokyo sebagai berikut <sup>34</sup>

$$P_p = P_0 - A_m(f, d) + H_b(h_b, d) + H_m(h_m, f) \quad (3-4)$$

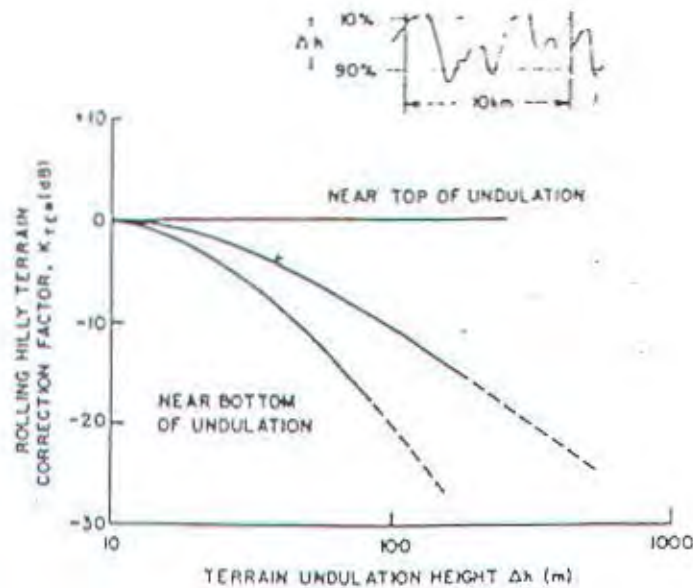
dimana :  $P_p$  = Harga dari daya yang diramalkan diterima

$P_0$  = daya yang diterima pada transmisi free space =

$$P_t - \text{free space loss} = P_t - L_{p, \text{dB}}$$

$A_m(f, d)$  = Atenuasi relatif median

$H_b(h_b, d)$  = ketinggian faktor gain,

GAMBAR 3.1<sup>35</sup>

## FAKTOR KOREKSI PADA DARATAN YANG BERBUKTI

$H_{\#}(h_{\#}, d)$  = ketinggian faktor gain kendaraan

Jika propagasi mempunyai lingkungan yang berbeda, bukan pada daerah urban, dan permukaan tanah tidak datar maka perlu ada penyesuaian pada  $P_p$  sebagai berikut

$$P_r = P_i + g_r + g_t + L_x + K_{\text{ter}} + K_{\text{sp}} + K_{\text{e}} \quad (3-5)$$

dimana :  $P_r$  = daya yang diterima

$P_i$  = daya yang dipancarkan

$g_r$  = gain antena penerima

$g_t$  = gain antena pemancar

$L_x$  = redaman propagasi menurut persamaan Hata

$K_{ter}$  = faktor koreksi pada daratan berbukit,

$K_{sp}$  = faktor koreksi tanah yang miring,

$K_u$  = faktor koreksi pada lingkungan darat laut,

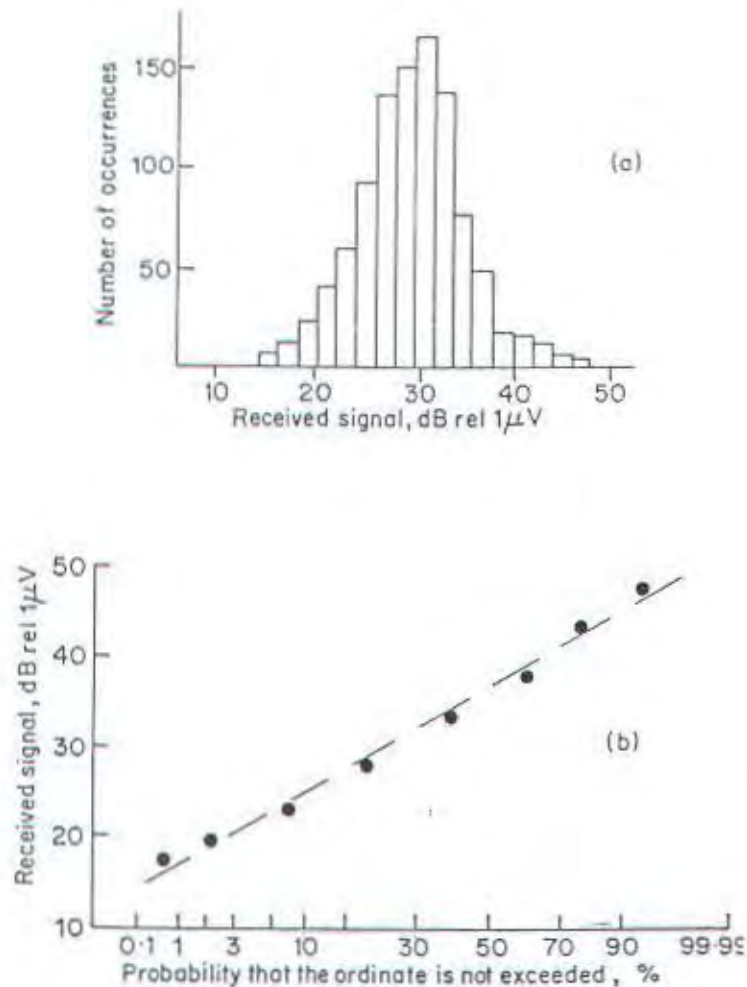
### III.2 DISTRIBUSI LOCAL MEAN

Fading yang terjadi pada envelop sinyal sangat berpengaruh pada transmisi kanal tunggal pita lebar maupun pita sempit, seperti misalnya informasi percakapan atau data yang berkecepatan rendah. Oleh karena itu kita perlu mempertimbangkan pengaruh-pengaruh dari multipath pada range frekwensinya. Dari pertimbangan ini kita perlu mengamati model penggambaran penghambur dari daerah yang kecil (local area) atau statistik local dari envelop sinyal, yang hal ini ditegaskan dengan lengkap dalam bentuk distribusi statistik parameter tunggal seperti misalnya distribusi Rayleigh atau Log normal.

Keberadaan dari local mean adalah sangat bergantung dari beberapa faktor diantaranya adalah jarak antara pemancar dan penerima, sifat-sifat dasar dari permukaan tanah, bangunan-bangunan yang ada disekitar unit mobil, lebar dari jalan dan lain-lainnya. Kenyataan yang ada juga adalah bahwa local mean secara berangsur-angsur akan berubah-ubah karena kendaraan yang bergerak, sehingga dengan demikian kita juga dapat mempertimbangkan bahwa harga yang konstan akan kita peroleh bila perpindahan kendaraan relatif cukup pendek dimana berbagai faktor yang mempengaruhinya dapat dianggap sama.

Fakta-fakta dari percobaan yang ada telah menunjukkan bahwa distribusi dari local mean dari sinyal yang diterima pada jarak yang tetap, frekwensi yang tetap



GAMBAR 3.2 <sup>36</sup>

(a). HISTOGRAM LOCAL MEAN DARI SINYAL YANG DITERIMA

(b). DISTRIBUSI KUMULATIF DARI SINYAL YANG DITERIMA

dan dalam lingkungan yang sama menunjukkan kurang lebih berdistribusi log normal.

Gambar 3.2 menunjukkan histogram dan distribusi kumulatif dari beberapa fakta-

fakta percobaan yang ada telah menunjukkan bahwa distribusi dari data percobaan yang diperoleh didalam kota London pada frekwensi 168 Mhz. Gambar 3.2a adalah Histogram frekwensi dari local mean dari sinyal yang diterima, sedangkan gambar 3.2b menunjukkan distribusi kumulatif dari data yang sama, yang mana dapat kita lihat bahwa dari definisi yang ada kita sepakat untuk menyatakannya sebagai distribusi Log Normal.

Standard deviasi  $\sigma$  dari local mean berubah-ubah terhadap sifat dasar dari lingkungan. Pada umumnya standard deviasi ini terletak antara 4 - 8 dB dan jika dibandingkan dengan daerah terbuka dan daerah suburban adalah jauh lebih tinggi. Pada daerah urban kelihatan bahwa kenaikan standard deviasi proporsi dengan makin tingginya bangunan yang ada. Hal itu adalah menunjukkan kesensitifan dari ukuran daerah tersebut dan juga perlu dicatat bahwa kenaikan dari  $\sigma$  karena frekwensi transmisinya naik.

### III.3 PERENCANAAN SURVEY

#### III.3.1 UMUM

Persiapan yang perlu dilakukan dalam survey site adalah meliputi :

1. Tujuan dan prosedur pengukuran
2. Analisa penentuan site dan evaluasi site
3. Perencanaan pengumpulan data dan besarnya kelompok data
4. Definisi rentang waktu pengukuran
5. Penilaian dalam pengukuran



#### 6. Pemilihan alat ukur

#### 7. Perencanaan analisa data dan reduksi data

Sasaran utama yang diharapkan dalam survey pengukuran adalah informasi yang diperoleh dapat menjamin umur yang panjang. Hasil survey yang hanya digunakan untuk tujuan jangka pendek berbeda dengan jangka panjang. Perbedaan ini timbul dari kebutuhan atau kelalaian dalam memprediksi, justifikasi kecil yang ada untuk mengestimasi kecenderungan jangka panjang (long-term) memerlukan periode yang berulang-ulang yang mana kegunaan dari data-data untuk jangka waktu pendek dapat dibatasi. Penggunaan waktu yang panjang dalam pengetesan data dengan periode pengulangan ganda dari satu daerah pengetesan akan meningkatkan kapasitas pencatatan yang tinggi. Hal yang sama, perbedaan antara informasi yang dicatat dengan tangan dan dengan mesin, akan tidak praktis dalam merencanakan analisa pengukuran yang luas dengan hanya bergantung dari data yang diperoleh dengan tangan (hand recorded). Prosedur pengumpulan data yang paling baik harus disertai dengan magnetic tape atau disk recording. Aspek teknis berupa keterpaduan dari peralatan ini dimaksudkan untuk meningkatkan keberhasilan program-program pengukuran dan analisa pengetesan. Selanjutnya dari analisa hasil pengukuran yang dilakukan ini nantinya diharapkan akan diperoleh suatu model yang dapat menjelaskan kelakuan dari sinyal yang diamati yang merupakan model pendekatan sederhana dari model karakteristik propagasi yang sebenarnya.

Proses pengukuran untuk mendapatkan informasi dari suatu besaran sinyal radio yang diterima dapat dilakukan dengan mengamati beberapa faktor penting yang berkaitan dengan parameter yang diamati dari sinyal yang diterima. Konsep



electro-space adalah salah satu konsep yang digunakan untuk mengidentifikasi sinyal radio sebagai berikut:

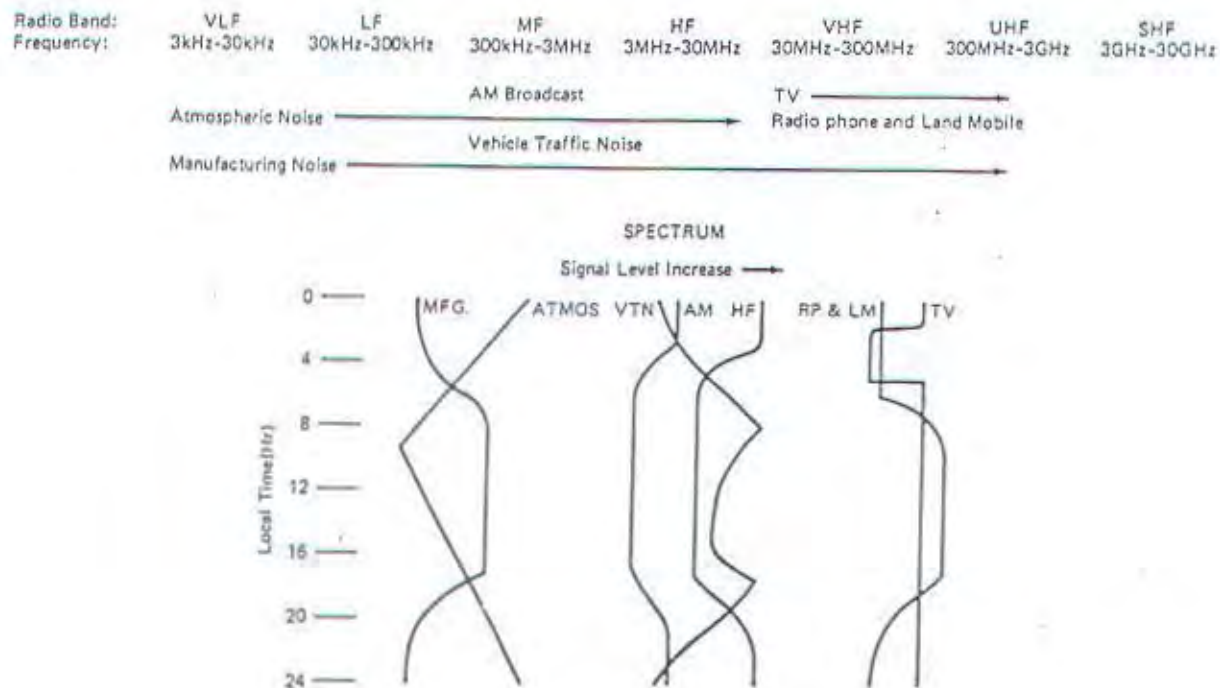
1. *Frekwensi*, dimana dalam ruang lingkup ini sistem pengukuran yang dilakukan adalah dengan mengatur (tuned) frekwensi
2. *Lokasi*, yang berkaitan dengan pemilihan site pengukuran dan sudut pengarahannya
3. *Arah (direction)*
4. *Polarisasi*
5. *Waktu (time)*, dibagi menjadi dua yaitu short term dan long term, dimana pengaruhnya dalam teknik pengukuran adalah dalam penggunaan perangkat keras detektor atau pemroses sinyalnya (modulasi) untuk short term dan dalam penentuan periode sampling untuk long-term

Apabila dua sinyal radio pada titik yang berbeda secara elektro-space, maka secara teori dua sinyal tersebut dapat dipisahkan supaya tidak terjadi interverensi. Sebagai contohnya dua sinyal dapat mempunyai lokasi, frekwensi, polarisasi, dan arah propagasi yang sama, tidak akan terjadi interferensi satu sama lainnya jika dua sinyal tersebut dipancarkan pada saat yang berlainan, dengan kata lain dua sinyal identik tidak akan berinterferensi jika tidak berada dalam satu lokasi yang sama

### III.3.2 PENENTUAN WAKTU PENGUKURAN

Memilih waktu yang tepat untuk memulai melakukan pengukuran dan mengakhiri nya adalah merupakan faktor yang sangat penting dan menentukan dalam

kesuksesan suatu survey. Hal itu dimaksudkan agar dalam menghimpun elemen-elemen informasi diperoleh hasil yang optimum. Gambar 3.3 adalah merupakan sumber sinyal radio yang banyak dijumpai yang terdiri dari gangguan atmosferic radio, noise lalu lintas otomotif (ignition), Peralatan pabrik yang digerakan dengan listrik, AM Broadcast, sinyal-sinyal TV, gelombang panjang Band HF. Bagian atas gambar menunjukkan beberapa spektrum emisi dan layanan frekwensi radio, bagian bawah adalah perubahan diurnal sinyal yang penambahannya direpresentasikan oleh penyimpangan disebelah kanan. Level ini tidak membandingkan antar sumber,



GAMBAR 3.3<sup>37</sup>

#### VARIASI DIURNAL DARI SUMBER-SUMBER RADIO



tetapi menunjukkan magnitudo relatif tergantung dari banyaknya tambahan variabel seperti lokasi yang diamati, musim, frekwensi radio, orientasi antena, penguatan antena, dimana untuk masing-masing sumber ini setiap hari mempunyai periode variasi maksimum dan minimum. Seperti noise atmosfer berkurang pada interval 6 - 12 jam pada malam hari dan terjadi maksimum antara jam 11 malam dan 2 pagi. Pada noise yang disebabkan oleh sumber otomotif dan pabrik-pabrik diatur oleh siklus aktifitas bisnis setiap hari dimana puncak kesibukan terjadi antara jam 8 pagi sampai 5 sore. Pada transmisi band HF dan MF broadcast mempunyai problem yang serupa yang diatur oleh kerapatan elektron ionospheric, terutama pada lapisan D memberikan redaman lintasan yang tinggi pada jam-jam siang hari.

### III.3.3 BESARNYA KELOMPOK DATA

Dalam perencanaan survey keputusan yang penting yang harus diambil adalah

1. Jumlah pengukuran atau besarnya kelompok yang dibuat menurut banyaknya lokasi
2. Lamanya dari urutan pengukuran yang dilakukan disetiap site
3. Inteval antara yang pertama dan seri-seri berikutnya dari pengukuran yang dibuat pada masing-masing lokasi survey.

#### III.3.3.1 PERENCANAAN DURASI PENGUKURAN

Durasi survey frekwensi radio ditentukan oleh sifat-sifat sinyal yang ditemukan sedangkan sasaran pengetesan bergantung pada aplikasi dari hasil yang diperoleh. Bilamana kebutuhan survey untuk tujuan sistem wireless, maka waktu



TABEL 3.2<sup>38</sup>

## REKOMENDASI WAKTU PENGAMATAN SURVEY RADIO

Kelas Pola	Nama Pola	Duras survey (hari)	Periode Pengulangan / Bulan	Interval antar Sampling	Pengukuran Minimum	Ukuran Sample
1	Sinyal Acak					
*1a	Atmospheric	14	3	4	3	11
1b	Impulsif	14	12	1	3	11
1c	Thermal	1/3	24	1	3	11
2	Sinyal Periodic					
2a	Steady	1	12	1	3	11
2b	Fading	4	6	1/2	3	21
3	Sinyal Tidak Periodik	4	12	1	3	11
4	Pseudorandom	7	12	1	3	11

yang dipakai dalam mengumpulkan data harus cukup untuk memberikan ciri-ciri sinyal berupa sifat-sifat frekwensi dan keacakan dari distribusi amplitudo. Karena kebanyakan sifat sinyal radio adalah acak, maka perencanaan pengukuran harus memperhatikan jarak pengukuran dimana perubahan-perubahan besar terjadi pada sinyal dengan pola berulang-ulang seperti yang digunakan dalam radio. Sebagai contoh untuk mendapatkan latar belakang magnitudo thermal noise pada lokasi yang bebas dari bentuk-bentuk energi radio diperlukan 8 jam, dan untuk menentukan statistik amplitudo dari impulse noise man made dan noise atmosfer diperlukan waktu dua minggu. Juga diperlukan waktu yang panjang untuk melukiskan perubahan watak dari man made noise yang disebabkan oleh industri-industri dan aktivitas-aktivitas yang bersifat niaga. Untuk mendeteksi fluktuasi karena cuaca

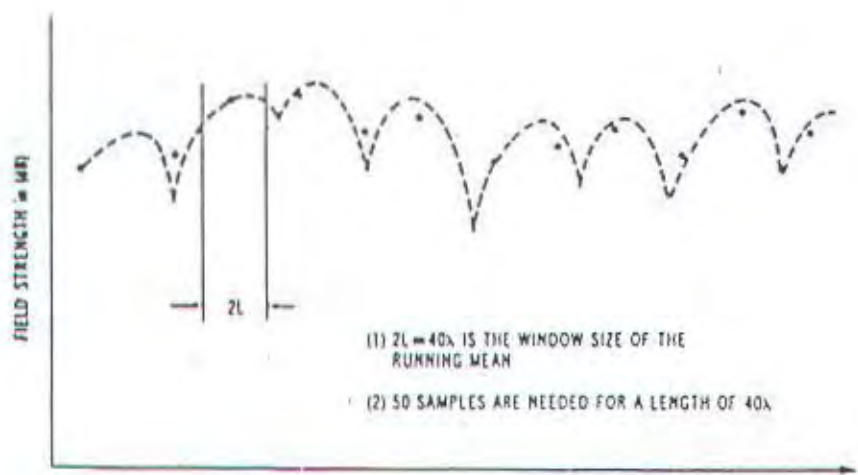
diperlukan periode tidak lebih dari tiga bulan dimana data yang dikumpulkan cukup untuk menggambarkan karakteristik site. Rekomendasi lamanya pengamatan, periode-periode pengulangan, interval antara sampling dan panjang pengukuran tidak perlu dilakukan secara kontinu, karena semua sinyal dapat disampel pada interval yang ditentukan pada saat pengamatan, seperti yang disimpulkan dalam Tabel 3.2.

### III.3.3.2 METODE PENENTUAN LOCAL MEAN

Cara yang paling sederhana untuk mendapatkan local mean adalah dengan menggunakan running mean dengan jendela  $40\lambda$ . Local mean ini dicatat ketika unit mobil berjalan sepanjang lintasan mobil (sumbu x) yaitu dengan membuat rata-rata panjang spatial  $L$  yang memenuhi syarat dari sepotong data kasar seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4. Panjang dari  $L$  ini diambil dari rata-rata jendela dari data mentah. Jika panjang  $L$  ini terlalu pendek maka variasi short term fading tidak dapat halus, jika  $L$  terlalu panjang output yang dirata-rata tidak dapat mewakili local mean karena akan menghilangkan perubahan-perubahan sinyal secara detail karena variasi dari terrain.

Dari tabel 3.3 terlihat panjang  $2L = 40\lambda$  adalah memenuhi syarat karena memberikan penyebaran mean mendekati 1 dB, sehingga dapat digunakan dalam Rayleigh fading. Jika panjang  $2L$  lebih pendek dari  $40\lambda$  maka rata-rata output hanya akan menekan posisi yang terjelek dari Rayleigh fading, jika panjang  $2L$  lebih besar dari  $40\lambda$  maka panjang rata-rata yang terlalu banyak akan memberikan

local mean yang halus yang mana tidak diperlukan. Dalam prakteknya range  $L$  antara  $20\lambda$  -  $40\lambda$  dapat diterima, dan untuk frekwensi operasi rendah kita dapat mengambil interval  $20\lambda$  untuk mendapatkan local mean.



GAMBAR 3.4<sup>39</sup>

#### METODE PENENTUAN LOCAL MEAN

TABEL 3.3<sup>40</sup>

#### $\sigma$ VERSUS $2L$

TABLE 2.1  $\sigma_m$  Versus  $2L$

$2L$	$\sigma_m$	$1\sigma_m$ Spread (dB)
5	0.165	3
10	0.122	2.1
20	0.09	1.56
40	0.06	1

<sup>39</sup> ibid hal. 28

<sup>40</sup> ibid hal. 29



mean yang halus yang mana tidak diperlukan. Dalam prakteknya range  $L$  antara  $20\lambda$  -  $40\lambda$  dapat diterima, dan untuk frekwensi operasi rendah kita dapat mengambil interval  $20\lambda$  untuk mendapatkan local mean.

### III.3.3.3 PENETUAN JUMLAH TITIK SAMPEL

Untuk menentukan berapakah jumlah sampel yang pantas yang diperlukan untuk sepotong data, dari percobaan autokorelasi menunjukkan bahwa pemisahan  $0.8\lambda$  diperlukan untuk koefisien korelasi dibawah 0,2 diantara dua sampel yang berdekatan, dengan 50 sampel yang berkorelasi lemah yang diperlukan untuk mewakili panjang  $40\lambda$ . Harus ditentukan apakah 50 sampel ini cukup untuk memenuhi harga rata-rata pada panjang  $40\lambda$  dengan tingkat keyakinan yang tinggi. Dari rata-rata ensembel  $r_i$  dari satu set variabel  $N$ ,  $r_j$  = panjang dari potongan data sampel  $M$  dari persamaan 2-29, sebagai berikut <sup>41</sup>

$$r_j = \frac{\sum_{i=(j-1)N+1}^{jN} r_i}{N}, \quad 1 \leq j \leq \frac{M}{N} \quad (3-6)$$

Bila  $r_i$  merupakan distribusi Rayleigh dengan mean dan standar deviasi  $m$  dan  $\sigma$  sebagai berikut

$$m = (r_j) = m$$

$$\sigma = \frac{r_i}{\sqrt{N}}$$

dengan memasukkan interval keyakinan 90% dari persamaan sebagai berikut <sup>42</sup>

$$P \left[ \left( 1 - \frac{1.65}{\sqrt{N}} \sqrt{\frac{4-\pi}{\pi}} \right) m \leq r_j \leq \left( 1 + \frac{1.65}{\sqrt{N}} \sqrt{\frac{4-\pi}{\pi}} \right) m \right] = 90\% \quad (3-7)$$

disederhanakan menjadi

<sup>41</sup> William C.Y.Lee, MOBILE COMMUNICATION DESIGNS FUNDAMENTAL,  
John Wiley & Son, Inc. New-York, 1993, hal. 43

<sup>42</sup> Ibid hal. 44

$$P\left[\left(1 - \frac{0,8625}{\sqrt{N}}\right)m \leq r_j \leq \left(1 + \frac{0,8625}{\sqrt{N}}\right)m\right] = 90\% \quad (3-8)$$

Bila dikonversikan kedalam dB, interval keyakinan (CI)90% adalah.

$$CI = 20 \log \left\{ \frac{1 + 0,8625/\sqrt{N}}{m} \right\} = 20 \log \left( 1 + 0.8625/\sqrt{N} \right)$$

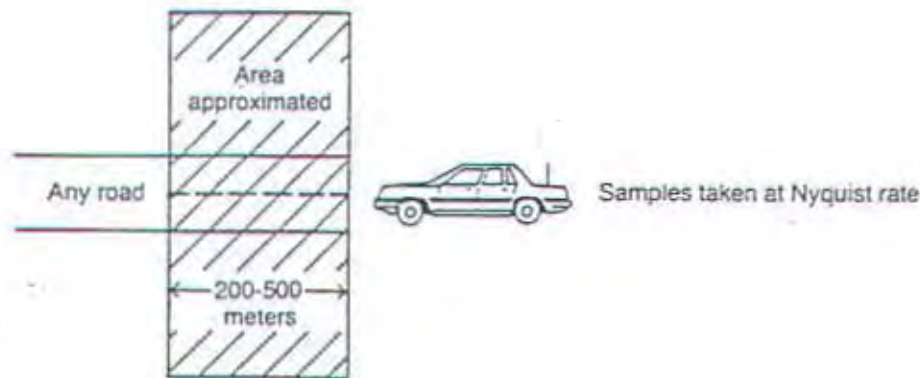
Bila  $N = 50$  maka persamaan diatas menjadi 90% CI = 1 dB

Harga yang diestimasi dari  $r_j$  dengan  $N = 50$  dan  $2L = 40 \lambda$  untuk confidence interval 90% adalah 1 dB dari true mean value. Jika  $N$  dikurangi sampai 36 dengan confidence interval 90% maka akan naik sampai 1,17 dB dari meannya. Sebagai contoh perbandingan untuk estimasi  $r_j$  dengan rata-rata 50 sampel dengan confidence interval 99% , dengan perhitungan yang sama diperoleh 99% CI=1,5 dB

### III.3.4 INTERVAL SAMPLING DAN KECEPATAN SAMPLING

Pada daerah yang dilokalisasikan sebagai daerah yang akan diukur, rata-rata kuat medan pada lintasan unit mobil dapat diukur dengan interval antara 50 - 500 meter. Studi yang dilakukan oleh Okumura et.al. menunjukkan bahwa kuat medan local pada daerah yang dibagi dua oleh lintasan 50-500 meter dapat memberikan harga rata-rata ( single mean) dan standar deviasi yang baik. Gambar 3.5 menunjukkan daerah yang dipakai sebagai contoh pengukuran dimana pencatatan kuat medan cukup memadai ketepatannya sehingga pada lintasan 50-500 meter dapat diperoleh sampling dengan kecepatan nyquist, dengan mean dan standar deviasi, sehingga pendekatan ini dipakai sebagai dasar oleh kebanyakan peralatan pengukuran kuat medan secara computerized, dimana interval sampling dapat bervariasi dari 10 meter sampai 1000 meter. Tetapi dalam prakteknya lebih mudah untuk menunjukkan sampel pada interval 50-500 meter memberikan hasil yang



GAMBAR 3. 5 <sup>43</sup>

## DAERAH YANG DIGAMBARKAN SEBAGAI CONTOH PENGUKURAN

konsisten pada beberapa dB. Pada beberapa kejadian, envelop sinyal-fading harus disampel, dan diasumsikan antara dua sampel yang berdekatan tidak berkorelasi, maka interval sampling  $d$  harus berada pada range  $0,5\lambda \leq d \leq 0,8\lambda$ , Jika  $d$  kurang dari  $0,5\lambda$  maka sampel-sampel yang berdekatan akan saling berkorelasi, jika  $d$  lebih besar dari  $0,8\lambda$  maka akan terjadi saling menghilangkan.

Kecepatan sampling sebaiknya tidak didasari dari panjang  $T$  yang diterima yang diukur dari kawasan waktu tetapi didapat dari kecepatan informasi dan spasi yang diperlukan antara bit-bit yang berdekatan seperti

$$\text{Jumlah sampel } (n) = VT/0,5\lambda$$

$$\text{Kecepatan sampling } (R_s) = n/T = V/0,5\lambda$$

<sup>43</sup>

Neil J. Boucher, THE CELLULAR RADIO HANDBOOK, Quantum Publishing, Inc. California, thn. 1990. hal. 64



Sebagai contoh Sepotong data yang diterima selama satu menit oleh kendaraan yang sedang bergerak dengan kecepatan 20 m/s dengan panjang gelombang 0,3 meter, maka jumlah total sampel independen adalah,

$$\begin{aligned} n &= (60s)(20 \text{ m/s})/(0,3 \text{ m}) \\ &= 1623 \text{ sampel} \end{aligned}$$

sedangkan kecepatan sampling

$$R_s = n/T = 1623 \text{ sampel}/60s = 27 \text{ sampel per detik}$$

Contoh diatas ini menunjukkan bahwa kecepatan transmisi sinyal adalah 27 sampel per detik atau kurang dari kondisi yang diberikan, dimana masing-masing bit akan mengalami fade secara independen terhadap bit berikutnya. Tentunya kecepatan transmisi yang rendah ini tidak dapat diterima. Oleh karena itu jika kecepatan transmisi baru bertambah 10 kali menjadi 270 sampel per detik pada lingkungan yang sama ditunjukkan pada contoh diatas ini. Sebuah bit tidak akan berkorelasi dengan ke sepuluh bit lainnya. Dalam kesepuluh bit ini, bit-bit ini akan saling berkorelasi dengan diantara mereka sendiri. Bit-bit yang berdekatan akan menghasilkan korelasi yang sangat kuat.

### III.3.5 IDENTIFIKASI SINYAL

Dalam perencanaan survey, fakta yang ada menunjukkan bahwa ada satu atau lebih transmisi sinyal pada satu survey site radio. Berbagai jenis sinyal-sinyal tersebut diidentifikasi seperti pada tabel.(3 - 2), cara-cara identifikasi sinyal dapat dilakukan dengan beberapa cara, dua diantaranya yang dapat diandalkan

TABEL 3.4 <sup>44</sup>

## SIGNATURE SINYAL RADIO SECARA VISUAL

Kealas Pola	Feature Sinyal diamati dengan		Sumber yang Mungkin
	CRT	Spectrum analyzer	
1a,b	acak dan impulsif	spread, erratic	Noise impulsif
1c	amplitudo acak	spread, steady	Noise thermal
2a	Pola konstan	line spectrum	Sinyal CW
2a	Amplitudo variabe diskrit	$\text{sinc}(\omega t)$	PAM; OOK; FSK ( $\Delta F/F > 1$ )
2a	Amplitudo variabel diskrit	spread, steady	PAM; FSK ( $\Delta F/F < 1$ )
2a	variabel frekwensi ramp	$\text{rect}(\omega t)$	linier FM

adalah dengan signature audio dan signature visual. Keduanya dilakukan dengan cara menggunakan headphone, speakers, dan oscilloscope. Tabel (3-4) dan (3-5) dipersiapkan untuk membantu mengidentifikasi sinyal, dimana signature visualnya dapat adalah dengan signature audio dan signature visual. Keduanya dilakukan dengan cara menggunakan headphone, speakers, dan oscilloscope. Tabel (3-4) dan (3-5) dipersiapkan untuk membantu mengidentifikasi sinyal, dimana signature visualnya dapat ditampilkan sebagai fungsi waktu atau frekwensi dengan menggunakan oscilloscope atau spektrum analyzer

### III.4 KONFIGURASI PERALATAN PENGUKURAN

Blok diagram dari sistem penerima survey radio ditunjukkan dalam gambar 3.6, peralatan ini ditempatkan di unit mobil dan radio penerima dihubungkan ke card antar muka analog to digital dari microprocessor atau PC. Sistem ini me-

<sup>44</sup>

Edward N Skomal, MEASURING THE RADIO FREQUENCY ENVIRONMENT,  
Van Nostrand Reinhold Comp. New-York, hal. 142.



merlukan perangkat lunak untuk mengolah data secara statistik diantaranya mean value, standard deviasi, jumlah sampel dan beberapa grafik redaman sebagai fungsi jarak.

Pada meter kuat medan digital output dari limiter dibaca oleh antar muka A/D dengan menyampel level-level limiternya dimana kecepatan sampelnya ter-

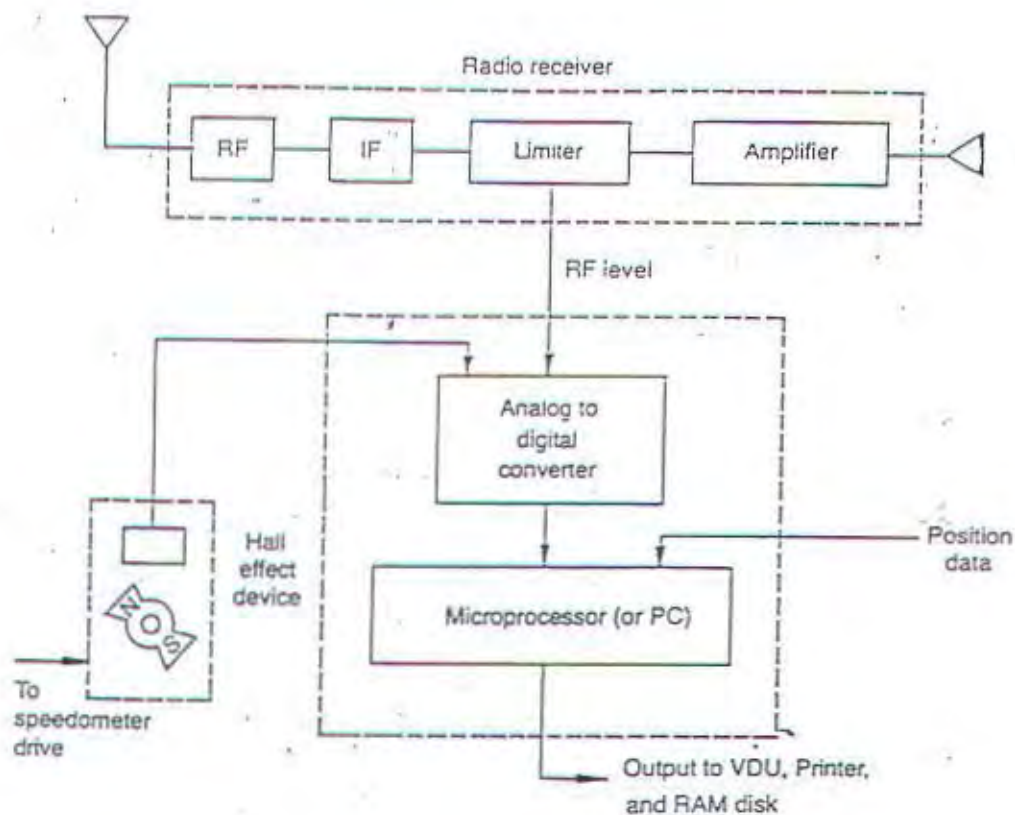
TABEL 3.5 <sup>45</sup>

## SIGNATURE SINYAL RADIO SECARA AUDIO

Kelas Pola	Output Penerima	Sumber yang mungkin
1b	Buzzing; medium rate and periodic pulses	vibrator, buzzer
1bn	clicking; low rate random pulses (<100)	code machines; calculator; mercury arc rectifier; relays; switch; teletypes; thermostat; typewriters
1c	crackling; continuous	corona discharge; power facilities
1b	crackling; discontinuous	arc discharge; power facilities
1a	crackling; sharp	ambient impulse noise
1a	crashes; sporadic	atmospheric noise
1b	friying; high-rate random	arcs; air or gas discharges between contact surfaces and charge conductor
1a	hissing; high frekwensi {,3kHz}	galactic noise
1b	popping; periodic low-rate (30)	automotive ignition system small gasoline engines
1a	reduced receiver noise level	cochannel interference, intermodulation
1b	Sputtering random	arc welder
2a	noise background variation; rapid (>100Hz)	facsimile equipment
2a	sputtering; high rate (>60 Hz)	diathermy; arc lamp
2a	tone; low rate (<120Hz)	transmission line; generator, transformer radar
2a	tone; steady and whining, high rate (>120 Hz)	parasitic and IF oscillation
2a	whistling (squealing)	adjacent or cochannel interference, intermodulated voice signal
3	distorted voice	adjacent or co-channel interference by digital OOK, FSK, signals
3,4	noise background variation, pulsed	



gantung dari frekwensi RF dan kecepatan unit mobil. Kriteria Nyquist adalah dipakai untuk mendapatkan kecepatan sampling pada interval pengambilan data kuat medan pada penerima yang bergerak dengan kecepatan tertentu, dimana kecepatan samplingnya adalah dua kali frekwensi level kuat medan yang diukur. Pulsa-pulsa speedometer digunakan untuk memastikan bahwa sampel yang telah diambil secara tetap pada interval jarak yang sama. Pemilihan parameter pengukuran sangat



GAMBAR 3.6<sup>46</sup>

### BLOK DIAGRAM PERALATAN SURVEY RADIO

ditentukan oleh empat kriteria sebagai berikut:

1. Laju sampling harus disesuaikan dengan bandwidth envelope sinyal
2. Sampling kanal harus sama
3. Jumlah lintasan pengukuran serta jumlah datanya harus cukup untuk mendapatkan hasil statistik yang baik
4. Kemampuan dari perangkat keras harus mampu mengolah struktur frekwensi sinyal yang kompleks dengan resolusi yang cepat dan memenuhi dinamic rangenya.

Dalam tugas akhir ini karena keterbatasan peralatan yang ada maka pelaksanaan pengukuran dilakukan dengan menggunakan spectrum analyzer, pada lokasi-lokasi yang diukur dimana pencatatan data-data intensitas kuat medan hasil pengukuran dilakukan secara manual.

Sebuah spektrum analyzer yang digunakan dalam survey radio harus mempunyai distorsi yang rendah dan dinamic range yang tinggi agar supaya input preamplifier dapat menguatkan sinyal-sinyal input yang jelek dan cukup kuat tanpa berkontribusi dengan sinyal yang terkontaminasi, selain itu juga harus mempunyai noise figure yang rendah. Selain itu adanya struktur frekwensi yang kompleks maka alat ini memerlukan resolusi yang cepat. sebagai contoh kandungan harmonic dan amplitudo dari komponen-komponen frekwensi sinyal yang berubah-ubah waktunya.

Karakteristik penting dan mendasar yang diperlukan dalam pekerjaan survey frekwensi radio yang menggunakan spectrum analyzer adalah

1. *Range pengaturan frekwensi*, spectrum analyzer harus mempunyai sensi-



tifitas yang tinggi dan batas range pengaturan tertinggi melebihi frekwensi IF maksimum

2. *Resolusi frekwensi*, mempunyai kemampuan untuk memisahkan dua sinyal yang berdekatan pada range yang dipilih.
3. Measurement range dan linier dynamic range

### III.5 LOKASI PENGUKURAN

Dari pembahasan sebelumnya telah ditunjukkan bahwa perambatan gelombang radio mobil dipengaruhi oleh lingkungannya, sehingga untuk mendapatkan hasil pengukuran yang dapat mewakili site pengukuran secara keseluruhan dan untuk menentukan lokasi pengukuran yang terdistribusi merata pada area pelayanannya, maka daerah yang dijadikan sebagai sampel pengukuran harus dibagi-bagi atau dikelompokkan (sample cluster) menurut spesifikasi struktur permukaan bumi yang sama. Agar didapatkan hasil yang paling baik dalam desain sampel kelompok, maka perbedaan dari masing-masing lingkungan dimana sinyal radio diterima harus dibuat sekecil mungkin.

Dalam tugas akhir ini daerah yang diambil sebagai contoh yang dapat mewakili karakteristik propagasi gelombang radio di daerah perkotaan yang dipenuhi oleh gedung-gedung yang tinggi yang menyebabkan sinyal radio mengalami multipath fading adalah:

- A. Jl. Basuki Rahmad - Jl. Embong Malang (disebut Area A)
- B. Jl. Tunjungan - Jl. Praban (disebut area B)
- C. Jl. Pemuda (disebut area C)



#### D. Jl. Tanjung Perak (disebut area D)

Dari ke empat lokasi ini yang termasuk kategori Urban adalah tiga daerah yang pertama, sedangkan untuk jalan Tanjung perak masih dikategorikan sebagai daerah Suburban, mengingat daerah ini sebagian besar masih didominasi oleh perumahan penduduk dan aktivitas manusianya tidak sibuk dan selain itu juga tingkat kepadatan arus lalu-lintasnya masih belum padat.

Untuk lokasi titik-titik pengukuran ditentukan berdasarkan pengelompokan daerah yang sama dari satu kelompok daerah (cluster area), hal ini dimaksudkan agar supaya model propagasi gelombang radio yang diterima oleh unit mobil pada masing-masing titik mempunyai pola yang sama, karena ada keseragamam dari bidang pantul. Sebagai contoh pada area (A) diambil sembilan titik pengukuran yang mempunyai sifat-sifat lingkungan yang hampir sama. Sedangkan prakiraan titik pantul dan kuat sinyal yang diterima oleh unit mobil telah dijelaskan pada bab dua.

### III.6 PROSEDURE PENGUKURAN

Gambaran dari site pengukuran yang menunjukkan titik pengukuran dapat dilihat pada peta kota seperti pada gambar 3 - 12. Sebagai langkah pertama dalam proses pengukuran ini adalah menentukan lokasi dan route pengukuran, yang dasar penentuannya didasari dari sifat struktur lingkungan yang paling banyak menghalangi, memantulkan dan menghamburkan gelombang elektromagnetik yang merambat, dan selanjutnya dilakukan pengukuran panjang jalan (lintasan mobil). Langkah berikutnya adalah penentuan jadwal atau waktu pengukuran yaitu dengan melihat dan memperkirakan waktu dimana kondisi lingkungan yang paling banyak

mempengaruhi perambatan gelombang radio. Dengan berdasarkan pada pembahasan sebelumnya, gangguan yang paling besar adalah yang ditimbulkan oleh pengapian kendaraan bermotor, kepadatan lalu lintas, dan aktivitas manusia dan mesin-mesin industri yang beroperasi, hal ini terjadi antara jam 09.00 sampai dengan jam 17.00. Prosedur berikutnya adalah persiapan peralatan yang akan digunakan selama melakukan pengukuran. Persiapan ini termasuk diantaranya adalah pemilihan alat ukur yang akan digunakan, yaitu spektrum analyzer merk Tektronix tipe 2711, kalibrasi alat ukur, matching antena penerima monopole, dan persiapan alat bantu lainnya seperti inverter untuk supply tegangan ac selama proses pengukuran, dan kesiapan pemancar (base station) yang dalam hal ini menggunakan pemancar radio panggil dari PT. Telematrixindo (Easy call) yang terletak di Jl. Bali yang berkekuatan 100 Watt, ketinggian antena 48 meter dan jenis antena adalah dipole dengan pola radiasi vertikal. Prosedur berikut adalah proses pengukuran. Dimana pengambilan sampel data diambil oleh unit mobil disepanjang lokasi pengukuran yang telah ditentukan dengan interval pengukuran  $100\lambda$ . Sebagai langkah terakhir adalah proses pengelompokan daerah atau pembagian titik-titik pengukuran yang ditentukan berdasarkan pengelompokan karakteristik daerah-daerah yang sama.





# **TUGAS AKHIR**

## **BAB IV**

### **ANALISA HASIL PENGUKURAN**



## BAB IV

### ANALISA HASIL PENGUKURAN

#### IV.1 GAMBARAN SITE PENGUKURAN

Seperti yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, pelayanan dari komunikasi radio mobil mencakup daerah yang diklasifikasikan sebagai daerah urban yang dipenuhi oleh gedung-gedung yang tinggi dengan segala aktifitas manusianya dan ditambah dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi. Berdasarkan klasifikasi yang dijelaskan pada bab 3, maka kota Surabaya belum dikategorikan sebagai kota metropolitan hal ini dikarenakan kepadatan lalu lintas hanya terjadi pada jam-jam tertentu, dan kepadatan gedung-gedung yang tinggi tidak merata dan masih terkelompok pada daerah tertentu saja. Oleh karena itu lebih tepat jika dikategorikan sebagai kota besar.

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang optimal dan untuk pemodelan kanal yang tepat, maka keadaan yang sebenarnya dari lokasi pengukuran harus diketahui lebih dulu, seperti misalnya aktivitas manusia yang paling padat, suhu, jumlah kepadatan lalu lintas per jam, waktu-waktu kegiatan yang paling sibuk, persentase bangunan terhadap lahan yang ditempati. Oleh sebab itu pengamatan yang teliti dalam pengambilan data untuk karakteristik site harus dilakukan secara sistematis selama selang waktu survey. Kualitas dari sinyal yang diterima sangat dipengaruhi oleh struktur buatan manusia dan struktur alamiah yang ada di permukaan tanah. Untuk itu dalam menentukan site pengukuran yang bisa mewakili seluruh daerah jangkauan harus dipilih dari kemungkinan keadaan yang terburuk dimana sinyal

banyak mengalami gangguan dan interferensi. Dari dasar ini maka dipilih 4 area yang dapat mewakili karakteristik propagasinya di daerah Surabaya.

Dalam sistem yang diamati ini ketinggian dari antena stasiun dasar yang terletak di Jl. Bali adalah 48 m, sedangkan ketinggian antena unit mobil yang dipakai dalam survei ini 3 m. Keadaan tinggi antena penerima yang rendah ini dan kondisi permukaan tanah yang terhalang oleh lingkungan buatan manusia sangat menentukan overall propagation pathloss dari link komunikasi radio mobil.

Berdasarkan kondisi lingkungan lokasi pengukuran radio digolongkan menjadi tiga tipe yaitu:

1. Skala kecil

Jumlah profil dari tanggapan impulse yang diterima pada area lokal yang sama atau site secara umum adalah sama, dengan demikian struktur kanal radio pada jarak yang pendek adalah tetap.

2. Skala menengah.

Tanggapan impulse pada sistem ini menunjukkan variasi yang berubah-ubah secara statistik untuk area lokal dengan jarak antena pemancar dan penerima sama.

3. Skala besar

Struktur kanal pada site dapat berubah secara drastis pada jarak antena pemancar dan penerima yang bertambah yang antara lain disebabkan oleh karena bertambahnya jumlah halangan yang berpengaruh.

## VI.1.1 REKONSTRUKSI LINTASAN PENGUKURAN

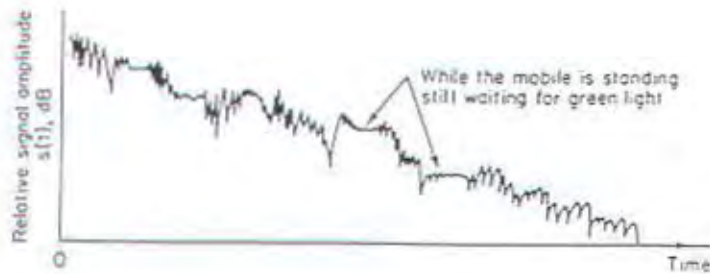
Survei radio adalah suatu proses pengukuran level kuat medan radio yang me-



rambat pada daerah jangkauannya. Biasanya dikerjakan dengan menggunakan alat penerima kuat medan yang diletakkan dalam kendaraan untuk mendapatkan level kuat medan. Biasanya kuat sinyal dari sinyal yang dipancarkan dari stasiun dasar berkurang bilamana diukur pada berbagai titik sepanjang lintasan yang menjauhi stasiun dasar, hal ini menyebabkan rata-rata level sinyal dari sinyal fading  $r(t)$  dan  $r(x)$  berkurang ketika unit mobil bergerak jauh dari pemancar. Rata-rata penurunan level sinyal ini disebut *propagation path loss*. Dalam ruang bebas penyebab-penyebab dari *path loss* propagasi adalah frekwensi dan jarak, sedangkan pada daerah urban sinyal dipengaruhi oleh lintasan *multipath*. Sinyal yang dipancarkan dimonitor atau direkam saat berjalan sepanjang lintasan arah radial dengan kecepatan konstan. Teknik pengukuran ini sebaiknya diulangi pada beberapa lintasan yang berbeda dengan tujuan untuk mendapatkan jumlah pembacaan yang cukup dan pantas untuk dianalisa secara statistik dari seluruh sone/daerah yang dapat dijangkau oleh radio mobil. Dari kenyataan yang telah dialami selama pengukuran sangatlah sulit untuk mendapatkan kondisi yang ideal dalam mengukur kuat sinyal karena kondisi lalu lintas seringkali harus berhenti.

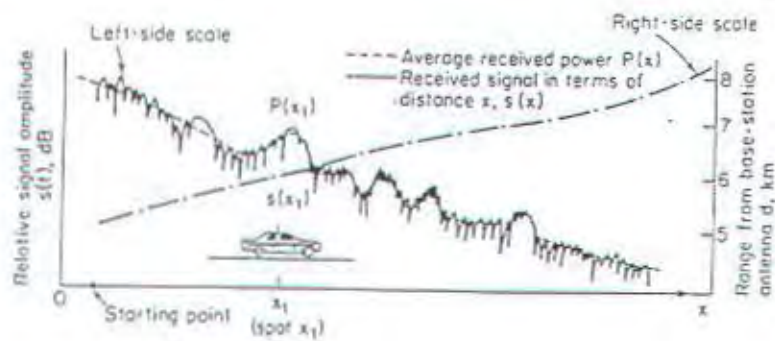
Tipikal plot grafik dari kuat sinyal yang diterima seketika itu sebagai fungsi dari waktu  $s(t)$  adalah seperti gambar 4.1, sedangkan peta rute pengukuran dari masing-masing area pengukuran ditunjukkan pada gambar 4.2.

umumnya kuat sinyal yang ditransmisikan dari stasiun dasar menurun dengan fungsi jarak ketika diukur pada berbagai macam titik sepanjang lintasan radial dari arah meninggalkan stasiun dasar. Idealnya pengukuran kuat sinyal dilakukan dengan pemantauan dan perekaman sinyal yang diterima oleh unit mobil yang bergerak sepanjang rute radial dengan kecepatan konstan, tetapi pada kenyataannya sulit



GAMBAR 4.1a 47

## KUAT SINYAL SEBAGAI FUNGSI WAKTU



GAMBAR 4.1b.

## KURVA SINYAL SEBAGAI FUNGSI JARAK





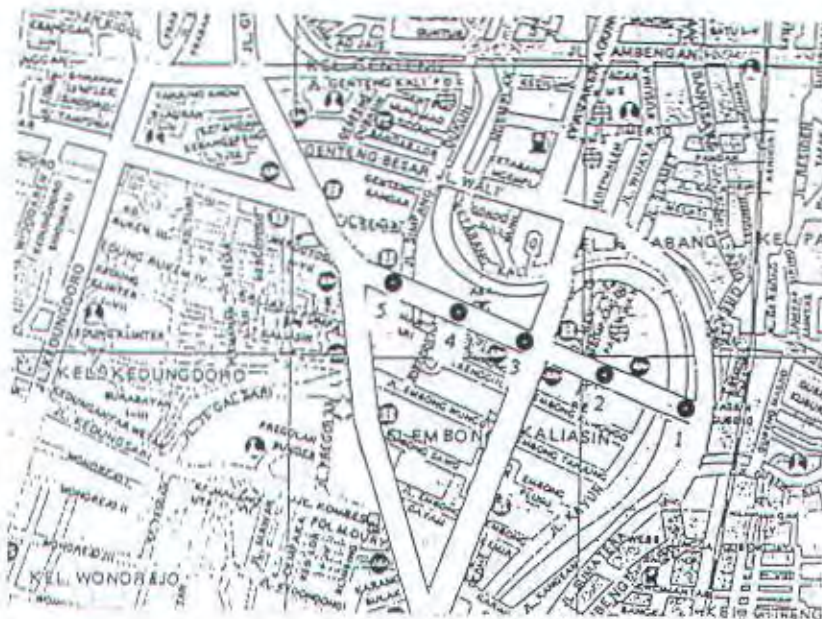
GAMBAR 4.2a

TTIK PENGUKURAN DI JL. BASUKI RAHMAD



GAMBAR 4. 2b.

TTIK PENGUKURAN DI JL. TUNJUNGAN



GAMBAR 4.2c.

TTITIK PENGUKURAN DI JL. PEMUDA

## IV.2 ESTIMASI PARAMETER STATISTIK SELUBUNG SINYAL

### IV.2.1 UMUM

Sebagai langkah terakhir dari penelitian survei frekwensi radio adalah kita dihadapkan pada proses reduksi dan analisa data yang telah kita kumpulkan. Proses dari reduksi data ini adalah mengkonversi data kasar hasil survei dari skala alat pencatat, kalibrasi dan kesalahan pengukuran yang dilakukan kedalam bentuk variabel bebas yang menjadi pokok pembahasan, biasanya berupa tegangan yang diterima, dimana pada pengukuran kuat medan frekwensi radio, tegangan yang



diukur dihasilkan dari antena penerima yang diubah menjadi besaran intensitas medan listrik atau daya yang diterima.

Untuk mengidentifikasi data dan mengetahui hubungan antar parameter datanya dengan menggunakan metode probabilitas, untuk estimasi model maka data yang dianalisa harus memenuhi teorema sentral limit. Dari data yang dikumpulkan dapat ditentukan distribusi probabilitasnya dengan uji hipotesa, kemudian dari model probabilitas ini dapat diperoleh hubungan fungsional antar variabel-variabel yang diketahui dengan metode fitting least square atau interpolasi

Dalam mengumpulkan data secara kuantitatif yang diperoleh dari hasil survei, kita berharap agar dapat menarik suatu kesimpulan tentang fenomena multipath fading yang kita selidiki dari data yang dikumpulkan dari hasil pengukuran tersebut. Untuk menjelaskan karakteristik propagasi melalui data yang diperoleh dari hasil pengukuran level kuat medan pada tugas akhir ini diperlukan parameter-parameter statistik seperti mean, median dan deviasi standard yang menggambarkan ukuran besaran dimana distribusi data terkumpul, dan ukuran yang menjelaskan bagaimana nilai-nilai data akan bervariasi, serta derajat laju perubahan data pengukuran selubung sinyal.

Harga-harga parameter tersebut dapat diestimasi dengan dua cara yaitu:

1. Interval estimation (pendugaan interval)
2. Point estimation (pendugaan titik)

Pada pendugaan interval penelitian dan perhitungan-perhitungan harga statistik suatu sampel, dihitung dalam suatu interval (dua batas nilai) dimana dengan probabilitas tertentu terdapat dalam estimasi parameter tersebut.

Dalam pendugaan titik, harga parameter hanya diduga dengan satu harga yakni harga statistik sampelnya. Dalam pendugaan titik ini selain kita dapat mengemukakan harga statistiknya kita harus pula menentukan besarnya kesalahan yang dengan probabilitas tertentu terdapat dalam estimasi parameter tersebut

Untuk mendapatkan harga-harga parameter statistik selubung sinyal dari suatu hasil pengukuran, data pengukuran terlebih dahulu dikelompokkan menurut daerah atau lingkungan yang sama (cluster area), dari waktu yang sama kemudian dinormalisasi relatif terhadap meannya dengan membagi sampel data dalam kelompok (kelas) dengan interval tertentu dan digambarkan dalam bentuk fungsi distribusi kumulatif dan kerapatan probabilitas. Jumlah interval kelas (C) ini ditentukan berdasarkan jumlah data keseluruhan (N) yang diamati yang dapat dinyatakan dengan kriteria Sturges, besarnya sebagai berikut<sup>48</sup>

$$C = 1 + 3,3 \log N \quad (4 - 1)$$

$$i = R / (C - 1) \quad (4 - 2)$$

dimana: R = selisih data tertinggi dan terendah

i = interval kelas

#### IV.2.2 ESTIMASI HARGA MEAN

Analisa statistika selalu berkaitan dengan proses pengumpulan data, pengurutan data dalam bentuk yang memadai dan pengolahan data. Hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan setelah dilakukan pengurutan diperoleh sampel data rata-rata level tegangan kuat medan dari titik-titik pengukuran seperti terdapat pada tabel 4.1. Dengan menggunakan persamaan rata-rata (2 - 27) yaitu:

<sup>48</sup>

Suryatna Rafi'i Drs., *METODE STATISTIKA ANALISIS*, Bina cipta, Yokya, 1986, hal. 55



$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (4-3)$$

dimana :  $x_i$  = variabel acak

$N$  = jumlah sampel

maka diperoleh harga mean dari masing-masing lokasi pengukuran seperti pada tabel 4.2a sampai 4.2d. Kemudian harga mean dari masing-masing area dapat dilihat pada tabel 4.3.

#### - Estimasi interval keyakinan

Untuk menduga interval harga mean berdasarkan tingkat keyakinan, kita dasarkan pengertian kita tentang adanya distribusi sampling harga mean mempunyai mean sama dengan mean populasi, mempunyai deviasi standard sama dengan  $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ , dan mendekati distribusi normal bila  $n \geq 30$ . Dari sifat-sifat ini maka perhitungan distribusi sampling harga mean mendekati distribusi normal dimana pendugaan interval adalah sebagai berikut:<sup>49</sup>

$$\begin{aligned} Z_{\alpha/2} \leq \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}} \leq Z_{\alpha/2} \\ \bar{X} - Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \end{aligned} \quad (4-4)$$

dimana:

$\bar{X} - Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$  = batas keyakinan bawah (lower confidence limit)

$\bar{X} + Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$  = batas keyakinan atas (upper confidence limit)

$S$  = deviasi standard

$\mu$  = deviasi standard populasi

$\alpha$  = confidence coefficient, dapat 90%, 95%, 98% ataupun 99%.

$Z_{\alpha/2} = 1,64$  untuk  $\alpha = 90\%$ ,  $1,96$  untuk  $\alpha = 95\%$ ,  $2,33$  untuk  $\alpha = 98\%$  dan  $2,58$  untuk  $\alpha = 99\%$ .

Dengan demikian kita dapat mengatakan bahwa dengan probabilitas 95%,

interval berada antara  $\bar{X} - \left(1,96 \frac{s}{\sqrt{n}}\right)$  sampai  $\bar{X} + \left(1,96 \frac{s}{\sqrt{n}}\right)$  mengandung  $\mu$ . Interval seperti ini disebut interval keyakinan 95% atau dengan perkataan lain probabilitas 0,95 artinya bahwa perhitungan interval semacam itu bila dilakukan berkali-kali, maka 95% diantaranya akan benar. Yakni memuat  $\mu$ , dan 5 % lainnya tidak memuat  $\mu$ . Sebagai contoh interval keyakinan dari sinyal yang diterima pada area A yang mempunyai deviasi standard 6,2867 dB dan rata-rata level sinyal 75,50 dB $\mu$ V/m., bila interval keyakinan adalah 98% maka interval rata-rata penerimaan selubung sinyal adalah sebagai berikut :

$$\bar{X} - Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$75,50 - 2,33 \frac{6,2867}{\sqrt{90}} < \mu < 75,50 + 2,33 \frac{6,2867}{\sqrt{n}}$$

$$75,50 - 1,54 < \mu < 75,50 + 1,54$$

$$73,95 < \mu < 77,04$$

$$\text{atau } P(73,95 < \mu < 77,04) = 0,98$$

#### - Estimasi kesalahan

Apabila harga rata-rata sampling digunakan sebagai pendugaan titik dari  $\mu$  maka besarnya kesalahan dalam mengestimasi adalah selisih dari rata-rata sampel dengan dan mean populasi yang dinyatakan sebagai berikut<sup>50</sup>

$$-Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} < \text{error} < Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (4-5)$$

Dari contoh persoalan diatas maka dengan probabilitas 98% besarnya kesalahan akan terletak antara -1,5440 hingga 1,5440, atau lebih kecil dari 1,5440.

### IV.2.3 ESTIMASI HARGA STANDARD DEVIASI

Untuk menduga besarnya  $s$  kita harus memahami adanya distribusi sampling



harga deviasi standard dengan sifat-sifatnya, yaitu bila sampelnya besar distribusi sampling harga  $S$  dianggap mendekati distribusi normal dengan mean  $= \sigma$ , deviasi standard  $= \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ , sehingga harga deviasi standard dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z &= \frac{S - \sigma}{\sigma / \sqrt{n}} \\ -Z_{\alpha/2} &< \frac{S - \sigma}{\sigma / \sqrt{n}} < Z_{\alpha/2} \\ S / (1 + \frac{Z_{\alpha/2}}{\sqrt{n}}) &< \sigma < S / (1 - \frac{Z_{\alpha/2}}{\sqrt{n}}) \end{aligned} \quad (4 - 6)$$

Dari data contoh diatas maka dapat dihitung confidence interval dari standard deviasi tegangan selubung sinyal yang diterima sebagai berikut:

$$6,2867 / (1 + \frac{2,33}{\sqrt{200}}) < \sigma < 6,2867 / (1 - \frac{2,33}{\sqrt{200}})$$

$$5,3356 < \sigma < 7,6079$$

Tabel-tabel berikut ini adalah menunjukkan hasil estimasi parameter statistik selubung sinyal pada berbagai kondisi dan lokasi seperti yang ditunjukkan pada gambar peta pengukuran.

Keadaan cuaca ternyata memberi pengaruh yang cukup berarti dari propagasi gelombang radio ini, hal ini ditunjukkan dari sampel data yang dikumpulkan pada waktu yang berbeda yaitu antara jam 10,00 - 12,00 dan jam 14.00 - 17.00. Kesimpulan dari hasil ini masih sulit diramalkan faktor-faktor penyebabnya karena hal ini memerlukan penelitian yang lebih lama.

Berdasarkan perhitungan rumus empiris Hata level daya minimum dari lokasi terjauh yang diamati (6,8 km) diperoleh -73,38 dBm. sedangkan rata-rata pengukuran yang diperoleh dari hasil pengukuran adalah -71,25 dBm.

Data hasil Pengukuran kuat medan rata-rata sebagai fungsi Jarak, dengan Daya Pemancar 100 Watt adalah sebagai berikut:

TABEL 4.1

## DATA HASIL PENGUKURAN TEGANGAN ENVELOPE SINYAL

TABEL 4.1a. HASIL PENGUKURAN DI AREA A

Data diambil tanggal 23 Mei 1995, Jam 10.00 - 12.00

Lokasi	Jarak (km)	Level kuat medan selubung sinyal dalam dBuV/m
X <sub>1</sub>	0,600	85,30 83,70 84,30 82,60 84,40 83,70 85,10 84,50 83,80 82,50
X <sub>2</sub>	0,700	82,30 83,50 81,20 80,50 83,30 82,40 84,20 81,50 82,30 81,70
X <sub>3</sub>	0,840	79,50 78,50 82,50 80,40 81,60 79,40 79,60 81,50 82,40 83,50
X <sub>4</sub>	1,080	76,50 77,00 78,30 80,60 79,30 78,30 77,80 76,90 78,70 80,30
X <sub>5</sub>	1,240	73,50 75,40 74,60 76,40 75,30 73,80 75,80 76,40 74,80 77,30
X <sub>6</sub>	1,440	74,50 72,50 72,80 74,60 75,80 74,70 73,60 71,90 72,40 71,30
X <sub>7</sub>	1,820	70,60 69,40 68,50 72,40 69,50 71,50 67,40 69,40 73,40 73,70
X <sub>8</sub>	1,960	67,50 69,80 66,50 68,50 68,90 69,70 68,50 67,40 69,30 70,80
X <sub>9</sub>	2,120	66,50 64,70 67,50 65,70 64,80 65,50 66,80 67,40 66,20 66,90

TABEL 4.1b. HASIL PENGUKURAN DI AREA B

Data diambil tanggal 30 Mei 1995, Jam 10.00 - 12.00

Lokasi	Jarak (km)	Level Kuat medan Selubung sinyal dalam dBuV/m
X <sub>1</sub>	1,560	71,50 72,40 71,20 70,60 73,20 72,20 71,10 70,60 69,40 70,50
X <sub>2</sub>	1,840	68,30 69,40 70,20 68,40 69,50 72,10 68,50 69,20 67,80 70,30
X <sub>3</sub>	2,040	67,80 66,30 65,70 68,40 67,50 67,90 68,70 69,20 67,20 66,90
X <sub>4</sub>	2,220	65,30 65,30 64,50 66,70 65,20 68,70 66,90 64,90 66,70 66,10
X <sub>5</sub>	2,300	63,20 64,50 67,20 64,50 63,40 65,70 68,90 65,30 67,40 64,70



TABEL 4.1d.

## HASIL PENGUKURAN DI AREA D

Data diambil tanggal 31 Mei 1995, Jam 14.00 - 17.00

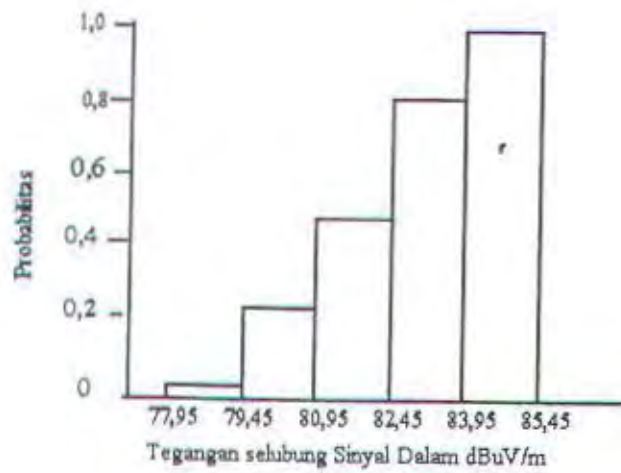
Lokasi	Jarak (km)	Level Kuat Medan Selubung Sinyal dalam dBuV/m
X1	4,860	54,20 54,80 53,20 53,70 55,10 55,60 55,80 53,20 54,50 52,40
X2	5,140	53,20 53,80 52,20 52,40 54,10 53,80 54,30 51,80 53,70 54,50
X3	5,500	52,50 51,20 52,30 54,80 53,70 52,10 53,40 51,80 52,70 52,40
X4	6,000	50,30 50,90 52,30 51,40 50,70 49,30 49,90 52,40 51,20 49,80
X5	6,460	48,30 48,90 49,50 49,40 49,60 50,30 47,90 49,50 50,30 48,70
X6	6,800	46,40 47,50 47,30 48,90 48,20 49,80 50,40 49,20 47,90 49,60

TABEL 4.1c.

## HASIL PENGUKURAN DI AREA C

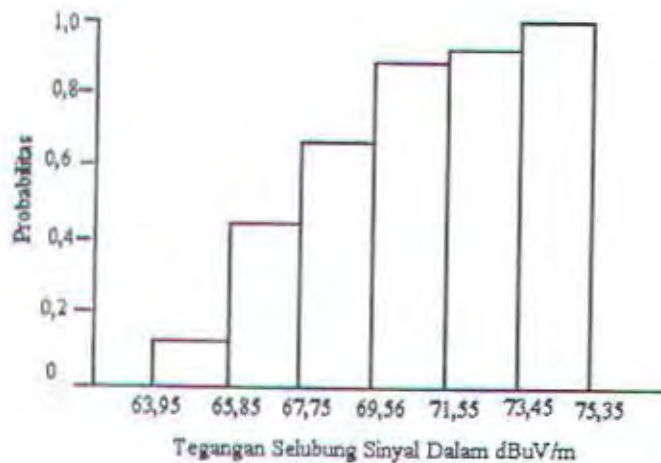
Data diambil tanggal 1 Juni 1995, Jam 14.00 - 17.00

Lokasi	Jarak (km)	Level Kuat medan Selubung Sinyal dalam dBuV/m
X <sub>1</sub>	0,880	79,50 79,10 78,30 78,10 78,40 77,80 78,90 79,10 78,40 78,50
X <sub>2</sub>	0,920	77,50 76,30 77,60 76,10 76,80 77,90 76,50 78,90 76,40 78,20
X <sub>3</sub>	1,060	75,60 76,20 74,60 75,20 76,40 74,80 75,90 76,80 75,20 76,10
X <sub>4</sub>	1,200	73,80 73,70 74,50 73,10 71,50 74,80 73,50 72,80 73,80 74,20
X <sub>5</sub>	1,200	71,80 71,50 72,40 74,20 71,90 70,70 72,30 71,40 72,70 73,20



GAMBAR 4.3a

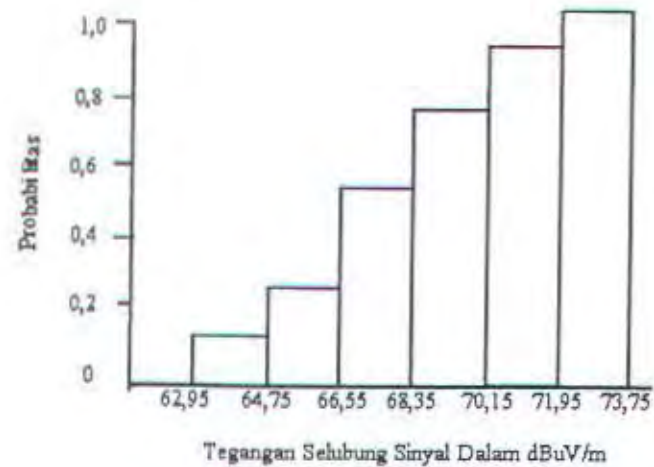
DISTRIBUSI KUMULATIF SELUBUNG SINYAL DI AREA A  
PADA LOKASI X1, X2, X3.



GAMBAR 4.3b

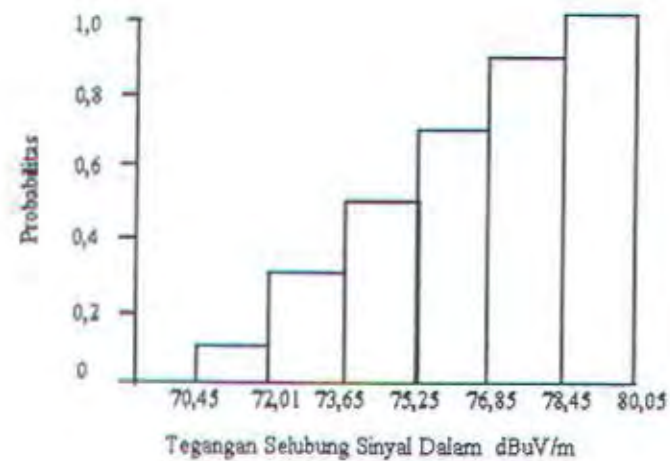
DISTRIBUSI KUMULATIF SELUBUNG SINYAL DI AREA A  
PADA LOKASI X7, X8, X9





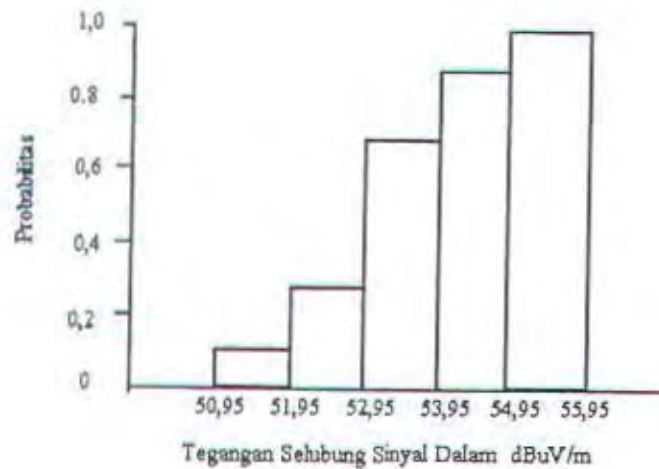
GAMBAR 4.3c

DISTRIBUSI KUMULATIF SELUBUNG SINYAL DI AREA B



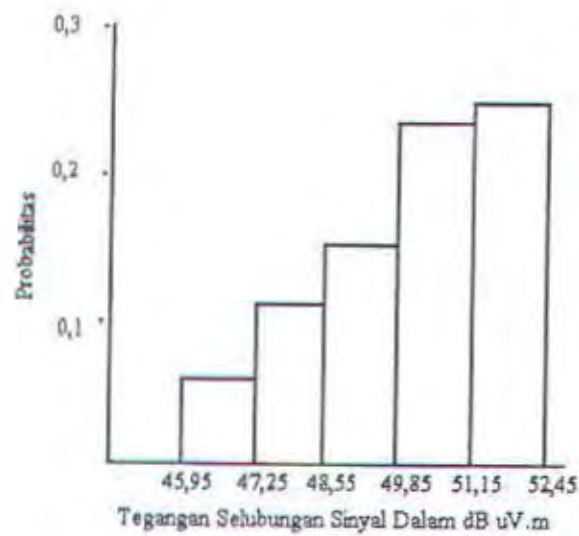
GAMBAR 4.3d

DISTRIBUSI KUMULATIF SELUBUNG SINYAL DI AREA C



GAMBAR 4.3e

DISTRIBUSI KUMULATIF SELUBUNG SINYAL DI AREA D  
PADA LOKASI X1, X2, X3.



GAMBAR 4.3f

DISTRIBUSI KUMULATIF SELUBUNG SINYAL DI AREA D  
PADA LOKASI X4, X5, X6.



Tabel parameter statistik rata-rata Level Kuat medan envelop sinyal sebagai fungsi jarak adalah sebagai berikut:

TABEL 4.2

## PARAMETER STATISTIK TEGANGAN SELUBUNG SINYAL

TABEL 4.2a AREA A

Data diambil tanggal 23 Mei 1995, Jam 10.00 - 12.00 dengan N = 90

Lokasi	Jarak x (km)	Mean (dB $\mu$ V/m)	Standard Deviasi $\sigma$
X1	0,600	84,09	0,7792
X2	0,700	82,29	1.1308
X3	0,840	80,89	1,6441
X4	1,080	78,36	1,3785
X5	1,240	74,93	1,6846
X6	1,440	73,41	1,4517
X7	1,820	70,58	2,1143
X8	1,960	68,69	1,2939
X9	2,120	66,39	1,2714

TABEL 4.2B DI AREA B

Data diambil tanggal 30 Mei 1995 Jam 10.00 - 12.00, dengan N = 50

Lokasi	Jarak d (km)	Mean (dB $\mu$ V/m)	Standard Deviasi $\sigma$
X1	1,560	71,27	1,1025
X2	1,840	69,37	1,2632
X3	2,040	67,56	1,0930
X4	2,220	66,03	1,2543
X5	2,300	65,48	1,9401

TABEL 4.2c DI AREA C

Data diambil tanggal 1 Juni 1995, Jam 10.00 - 12.00 dengan N = 60

Lokasi	Jarak d (km)	Mean (dB $\mu$ V/m)	Standard Deviasi $\sigma$
X1	0,880	78,62	0,5202
X2	0,920	77,32	0,8560
X3	1,060	77,12	1,0261
X4	1,200	73,55	0,9419
X5	1,400	72,21	0,9960

TABEL 4.2d DI AREA D

Data diambil tanggal 31 Mei 1995, Jam 14.00 - 17.00 dengan N = 60

Lokasi	Jarak d (km)	Mean (dB $\mu$ V/m)	Standard Deviasi $\sigma$
X1	4,860	54,25	1,1177
X2	5,140	53,38	0,9402
X3	5,500	52,69	1,0333
X4	6,000	50,82	1,0358
X5	6,460	49,24	0,7905
X6	6,800	48,52	1,2673

TABEL 4.3

PARAMETER STATISTIK TEGANGAN SELUBUNG DENGAN  $\alpha = 99\%$ 

Area	Mean (dB $\mu$ V/m)	Standart Deviasi $\sigma$	Toleransi kesalahan
A	75,50	6,2867	1,7097
B	67,94	2,3967	0,8744
C	75,76	2,7363	0,9983
D	51,48	2,3221	0,8472



### IV.3 PERHITUNGAN LEVEL PENERIMAAN

#### IV.3.1 PERHITUNGAN REDAMAN PROPAGASI

Untuk menghitung besarnya redaman propagasi gelombang radio digunakan rumus empiris redaman propagasi dari Hata yang didasarkan pada kurva-kurva praktikan Okumura. Besarnya redaman yang terjadi akan menentukan daya penerimaan dari daerah yang dicakup dalam perencanaan.

Pada pembahasan ini akan dihitung besarnya redaman propagasi yang terjadi pada masing-masing titik dari area yang diukur, dari pemancar/stasiun dasar yang terletak di jalan Bali.

Parameter peralatan yang akan dihitung yaitu.

- Frekwensi Pembawah,  $f_c = 171,475$  MHz
- Tinggi efektif antena stasiun dasar,  $h_b = 48$  meter
- Tinggi antena mobil station,  $h_m = 3$  meter
- Jarak Penerima,  $R$  seperti tabel.

Dengan menggunakan persamaan ( 3 - 3 ) besarnya propagasi gelombang radio adalah:

$$L_p \text{ (dB)} = 69,55 + 26,16 \log f_c - 13,82 \log h_b - a(h)_m \\ + (44,9 - 6,55 \log h_b) \log R$$

dimana

$$a(h)_m = (1,1 \log f_c - 0,7) h_m - (1,56 \log f_c - 0,8)$$

dengan memasukkan harga-harga parameternya maka diperoleh

$$a(h)_m = 2,587 \text{ dB, dan}$$

$$L_p \text{ (dB)} = 102,17 + (33,887 \log R)$$

Hasil perhitungan besar redaman propagasi sebagai fungsi jarak dapat dilihat pada tabel 4.4

Untuk Area D, Tanjung Perak berdasarkan keadaan lingkungannya diklasifikasikan sebagai daeran Suburban, maka besarnya redaman propagasinya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L_{ps} &= L_p (\text{urban area}) - 2 [\log (f_c/28)]^2 - 5,4 \text{ dB} \\ &= L_p (\text{urban area}) - 4,16 \text{ dB} \end{aligned}$$

Hasil perhitungannya seperti terlihat pada tabel 4.4d.

#### IV.3.2 PERHITUNGAN DAYA PENERIMAAN

Dari hasil yang diperoleh dari perhitungan redaman propagasi, maka besarnya level sinyal penerimaan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (3 - 5) yaitu:

$$P_r = P_t + g_t + g_r + L_x + k_{\text{ter}} + K_{\text{sp}} + K_{\text{la}}$$

dimana parameter yang diketahui adalah:

- Daya pemancar,  $P_t = 100 \text{ Watt} = 50 \text{ dBm}$
- Gain antenna pemancar,  $g_t = 6 \text{ dB}$
- Gain antenna penerima,  $g_r = 2 \text{ dB}$
- Redaman propagasi,  $L_x$  Lihat tabel
- Faktor koreksi, daratan berbukit,  $\Delta h = 25 \text{ m}$ ,  $K_{\text{ter}} = -1 \text{ dB}$
- Faktor koreksi daratan miring,  $\theta_{\mu} = 0$ ,  $K_{\text{sp}} = 0$
- Faktor koreksi darat-laut,  $\beta = 0$ ,  $K_{\text{la}} = 0$

Maka dengan memasukan parameter ke persamaan diatas sebagai berikut:

$$P_r = 50 + 6 + 2 - L_x - 1 + 0 + 0$$



$$= 57 - L_x$$

Hasil perhitungan besarnya level sinyal penerimaan seperti pada tabel 4.5.

TABEL 4.4  
REDAMAN PROPAGASI DAN PERHITUNGAN LEVEL PENERIMAAN  
SEBAGAI FUNGSI JARAK DENGAN METODE HATA,

TABEL 4.4a  
REDAMAN PROPAGASI DAN LEVEL SINYAL DI AREA A

Lokasi	Jarak (km)	Redaman (dB)	Perhitungan Level Sinyal		Pengukuran
			(dBm)	(dB $\mu$ V/m)	(dB $\mu$ V/m)
X1	0,600	094,67	-37,67	82,10	84,09
X2	0,700	096,92	-39,92	79,84	82,29
X3	0,840	099,60	-42,60	77,16	80,89
X4	1,080	103,30	-46,30	73,46	78,36
X5	1,240	105,33	-48,33	71,43	74,93
X6	1,440	107,54	-50,54	69,23	73,41
X7	1,820	110,98	-53,98	65,78	70,58
X8	1,960	112,07	-55,07	64,70	68,69
X9	2,120	113,23	-56,23	63,54	66,39

TABEL 4.4b  
REDAMAN PROPAGSI DAN LEVEL SINYA DI AREA B

Lokasi	Jarak (km)	Redaman (dB)	Perhitungan Level Sinyal		Pengukuran
			(dBm)	(dB $\mu$ V/m)	(dB $\mu$ V/m)
X2	1,560	108,71	-51,71	68,05	71,27
X2	1,840	111,14	-54,14	65,62	69,37
X3	2,040	112,66	-55,66	64,10	67,56
X4	2,220	113,90	-56,90	62,86	66,03
X5	2,300	114,43	-57,43	62,33	65,48

TABEL 4.4c  
REDAMAN PROPAGASI DAN LEVEL SINYAL DI AREA C

Lokasi	Jarak (km)	Redaman (dB)	Perhitungan level Sinyal (dBm)	(dBuV/m)	Pengukuran (dBuV/m)
X1	0,880	100,28	-43,28	76,48	78,62
X2	0,920	100,94	-93,94	75,82	77,32
X3	1,060	103,02	-46,02	73,74	77,12
X4	1,200	104,85	-47,90	71,86	73,55
X5	1,400	107,12	-50,12	69,64	72,21

TABEL 4.4d  
REDAMAN PROPAGASI DAN LEVEL SINYAL DI AREA D

Lokasi	Jarak (km)	Redaman (dB)	Perhitungan Level Sinyal (dBm)	(dBμV/m)	Pengukuran (dBμV/m)
X1	4,840	125,44	-68,44	51,32	54,25
X2	5,140	126,26	-69,26	50,50	53,38
X3	5,500	127,26	-70,26	49,50	52,69
X4	6,000	128,54	-71,54	48,22	50,82
X5	6,460	129,63	-72,62	47,14	49,24
X6	6,800	130,38	-73,38	46,38	48,52

#### IV.3.3 PERHITUNGAN REDAMAN RUANG BEBAS

Berdasarkan Rumus Friis rugi-rugi lintasa propagasi Line of Sight rata-rata daya yang diterima oleh unit mobil adalah:



$$P_r = P_0 \left( \frac{1}{4\pi d\lambda} \right)^2$$

Dimana :  $P_0 = P_t G_t G_m$

$P_t$  = daya yang dipancarkan = 100 watt

$G_t = 6 \text{ db} = 3,98$

$G_m = 2 \text{ dB} = 1,58$

Jadi  $P_r = 3,98 \cdot 1,58 \cdot 100 \left( \frac{1}{4\pi d\lambda} \right)^2$

$\lambda = 1,74 \text{ m}$

$d$  = jarak ( lihat tabel)

Besarnya redaman ruang bebas adalah

$$L_p (\text{dB}) = 32,45 + 20 \log d (\text{km}) + 20 \log f (\text{MHz})$$

Berdasarkan perhitungan maka besarnya level penerimaan adalah seperti tabel berikut ini.

TABEL 4.5

#### LEVEL PENERIMAAN ENVELOPE SINYAL

##### 1. Area Pengukuran A.

Lokasi	Jarak (km)	Level penerimaan		Pengukuran (dBm)
		Free Space	Hata	
X1	0,600	-27,69	-37,67	-35,68
X2	0,700	-30,13	-39,92	-37,48
X3	0,840	-33,38	-42,60	-38,88
X4	1,080	-37,80	-46,30	-41,41
X5	1,240	-40,00	-48,33	-44,84
X6	1,440	-42,60	-50,54	-46,36
X7	1,820	-47,02	-53,98	-49,19
X8	1,960	-48,02	-55,00	-51,08
X9	2,120	-49,38	-56,23	-53,38

## 2. Area Pengukuran B

Lokasi	Jarak (km)	Level Penerimaan		Pengukuran (dBm)
		FSL (dBm)	Hata (dBm)	
X1	1,560	-44,05	-51,71	-48,50
X2	1,840	-46,92	-54,14	-50,40
X3	2,040	-48,70	-55,66	-52,21
X4	2,220	-50,17	-56,90	-53,74
X5	2,300	-50,80	-57,43	-54,29

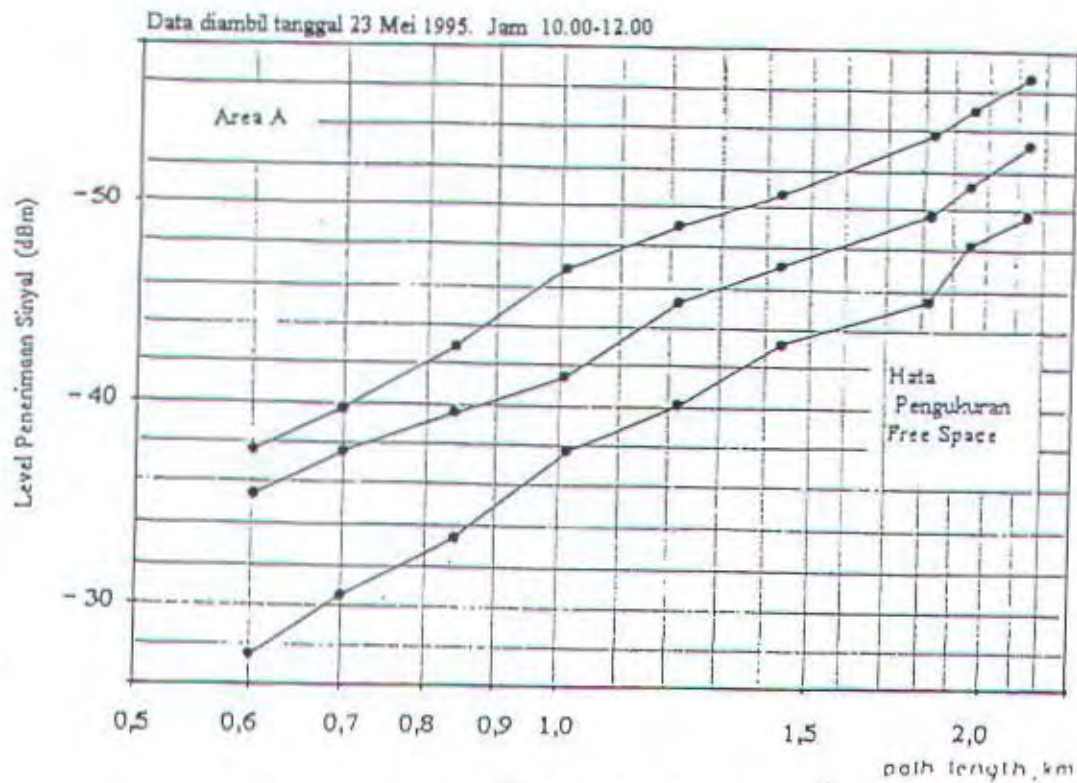
## 3. Area Pengukuran C

Lokasi	Jarak (km)	Level Penerimaan		Pengukuran (dBm)
		FSL(dBm)	Hata(dBm)	
X1	0,880	-34,00	-43,28	-41,15
X2	0,920	-34,90	-43,90	-42,45
X3	1,060	-37,34	-46,02	-42,65
X4	1,200	-39,48	-47,90	-46,22
X5	1,400	-42,17	-50,12	-47,56

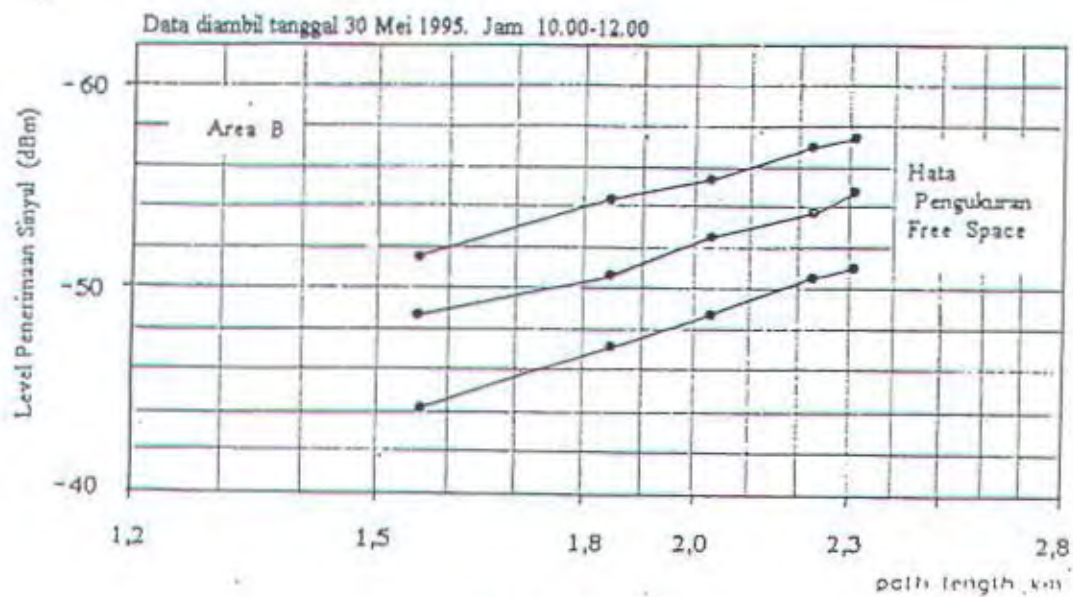
## 4. Area Pengukuran D

Lokasi	Jarak (km)	Level Penerimaan		Pengukuran (dBm)
		FSL(dBm)	Hata(dBm)	
X1	4,840	-63,72	-68,44	-65,52
X2	5,140	-64,75	-69,26	-66,49
X3	5,500	-65,94	-70,26	-67,08
X4	6,000	-67,44	-71,54	-68,95
X5	6,460	-68,73	-72,62	-70,53
X6	6,800	-69,63	-73,38	-71,25

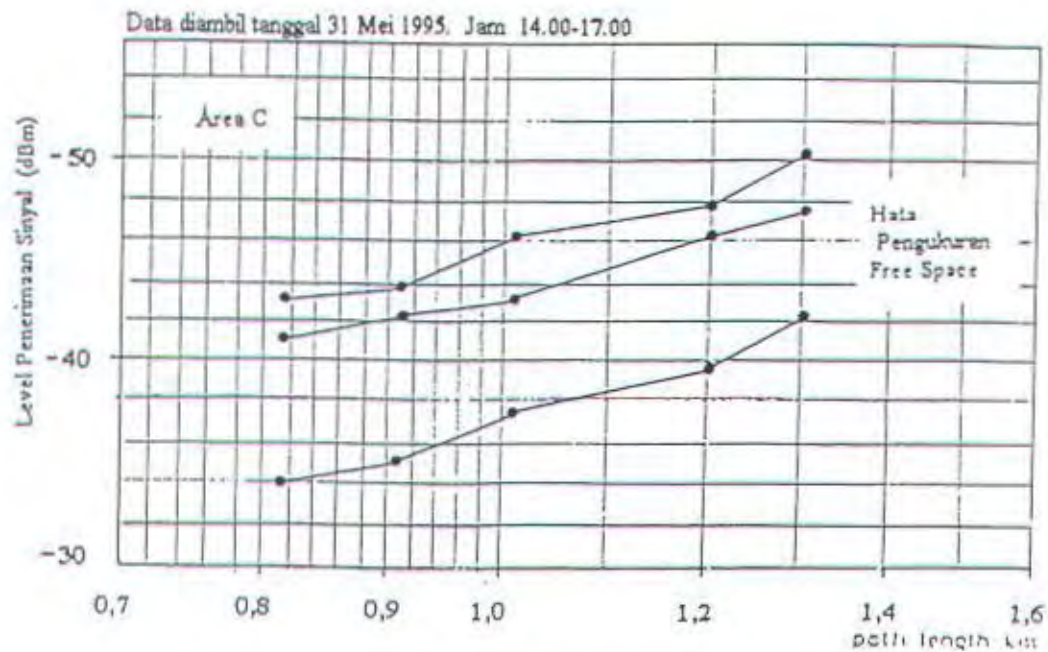




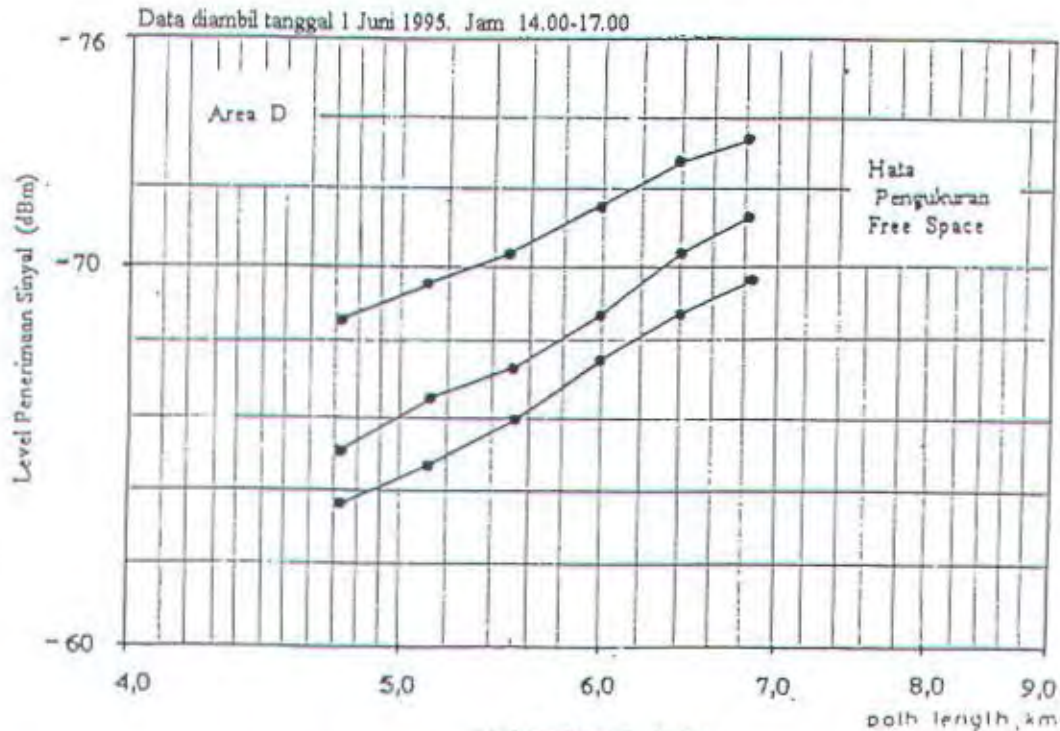
GAMBAR 4.4a  
GRAFIK HASIL PENGUKURAN DI JL. BASUKI RAHMAD



GAMBAR 4.4b  
GRAFIK HASIL PENGUKURAN DI JL. TUNJUNGAN



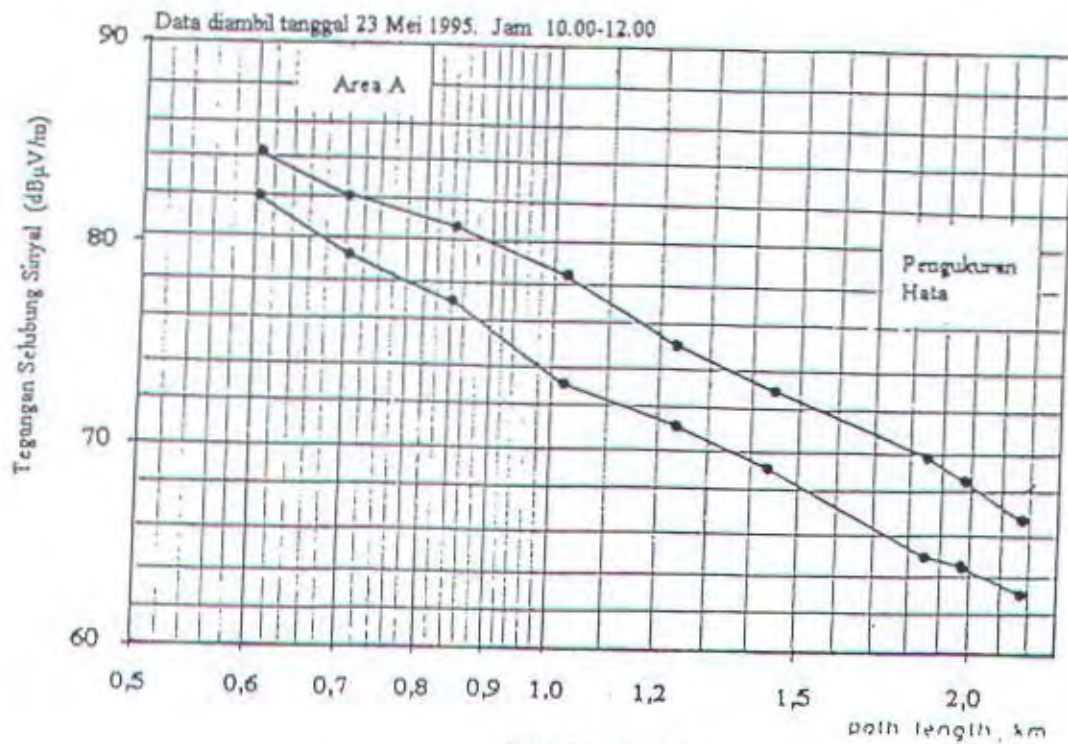
GAMBAR 4.4c  
GRAFIK HASIL PENGUKURAN DI JL. PEMUDA



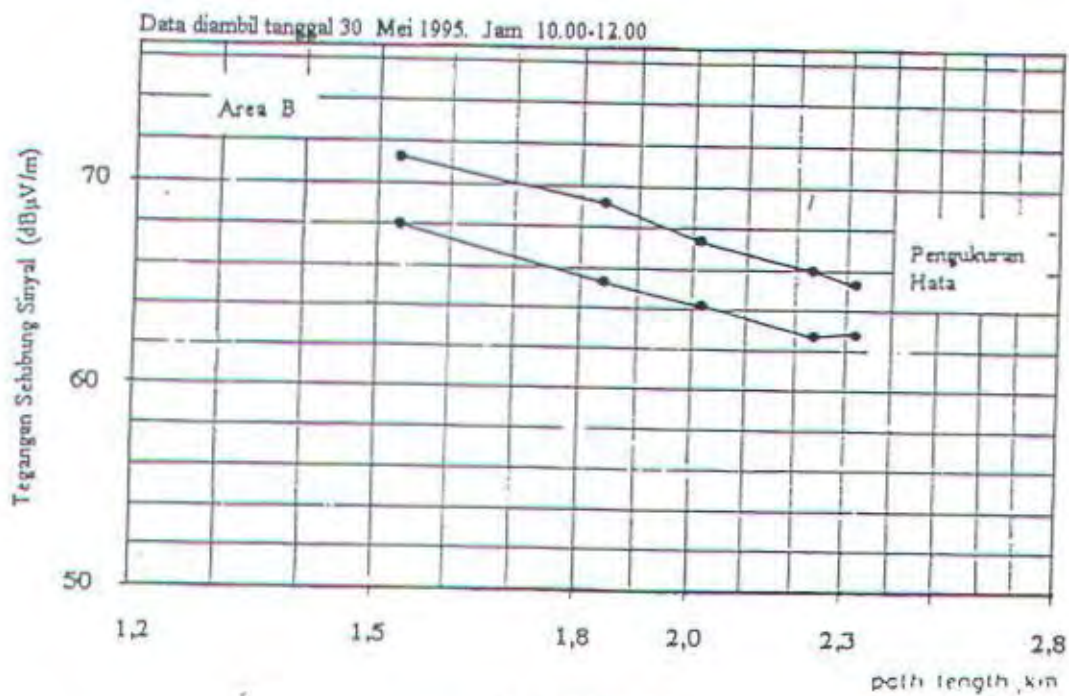
GAMBAR 4.4d  
GRAFIK HASIL PENGUKURAN DI JL. TANJUNG PERAK

GAMBAR 4-4  
GRAFIK LEVEL PENERIMAAN SINYAL SEBAGAI FUNGSI JARAK

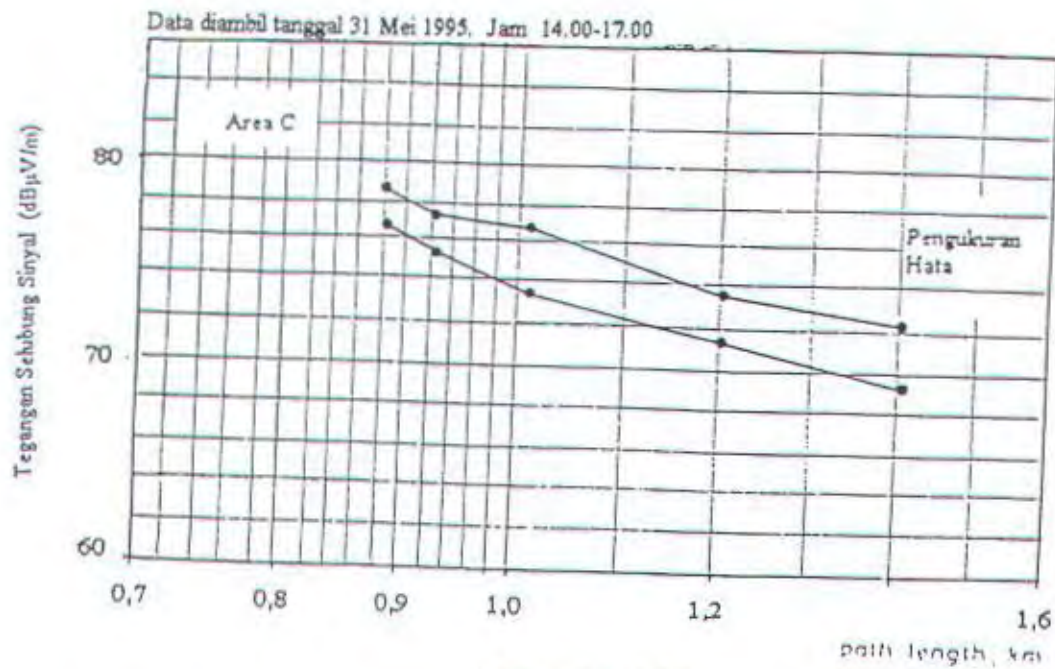




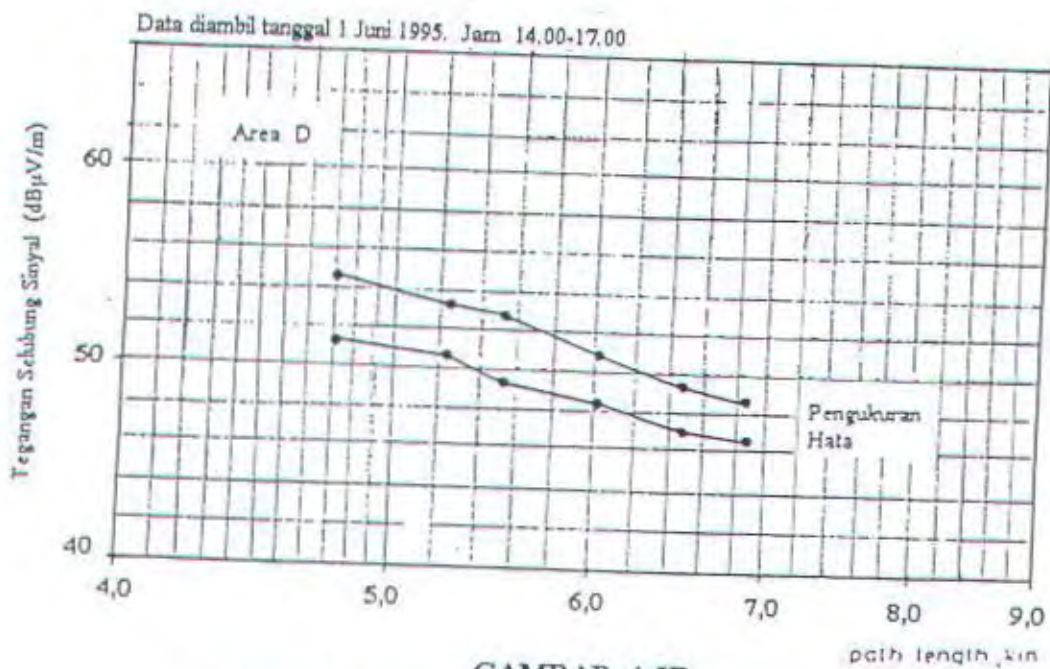
GAMBAR 4.5a  
GRAFIK HASIL PENGUKURAN DI JL. BASUKI RAHMAD



GAMBAR 4.5b  
GRAFIK HASIL PENGUKURAN DI JL. TUNJUNGAN



GAMBAR 4.5C  
GRAFIK HASIL PENGUKURAN DI JL. PEMUDA



GAMBAR 4.5D  
GRAFIK HASIL PENGUKURAN DI JL. TANJUNG PERAK

GAMBAR 4-5  
GRAFIK LEVEL TEGANGAN SINYAL FUNGSI JARAK.



#### IV.4 CONTOH APLIKASI BESARAN STATISTIK UNTUK PERENCA NAAN SISTEM KOMUNIKASI

Level sinyal penerimaan dari suatu sistem komunikasi radio mobil yang bergerak akan selalu berubah-ubah sesuai dengan keadaan fading lintasan jamak, efek shadowing, dan redaman yang menyebabkan distribusi level kuat medannya terdistribusi Rayleigh atau Log normal.

Berdasarkan hasil pengukuran karakteristik propagasi ini dapat ditentukan luas pelayanan dari sistem komunikasi yang ingin dirancang, dimana luasnya pelayanan ditentukan berdasarkan jangkauan level kuat medan rata-rata yang terukur pada area pelayanan tersebut. Dari data ini dapat ditentukan cadangan margin yang diperlukan untuk merancang sistem komunikasi radio mobil.

Untuk menentukan cadangan margin yang diperlukan untuk mendapatkan keandalan sistem komunikasi 90% pada daerah yang dilayani perlu dilihat pengaruh fading yang dominan pada area pelayanan tersebut. Untuk fading yang terdistribusi rayleigh tolok ukur keandalan prediksinya dapat dianalisa dengan mengambil standar deviasi sekitar 8 dB yang menunjukkan bahwa 68% hasil pengukuran berada dalam range 8 dB standard deviasi dari hasil prediksi. Pada Umumnya penyimpangan untuk keandalan hasil prediksi dari standard deviasi pengukuran maksimal penyimpangannya  $\pm 3$  dB dari standard deviasi design sistem. Contoh analisa keandalan sistem komunikasi dalam menentukan besarnya margin dapat dijelaskan dengan perhitungan kuat medan pada penerima yang berada dalam jangkauannya dengan memperhatikan distribusi datanya. Untuk fading cepat yang terdistribusi Rayleigh, probabilitas kerapatan sinyal  $s$  dari pembahasan pada bab 2 dapat dinya-



takan dengan persamaan sebagai berikut

$$P(s) = \frac{\pi s}{2\bar{s}^2} \exp\left(-\frac{\pi s^2}{4\bar{s}^2}\right) \quad (4-7)$$

Probabilitas nilai  $s$  berada diatas suatu level tertentu  $x_0$  adalah sebagai berikut:

$$P(s \geq x_0) = \int_{x_0}^{\infty} \frac{\pi s}{2\bar{s}^2} e^{-\pi s^2/4\bar{s}^2} ds \quad (4-8)$$

dengan mensubstitusi  $u = \pi s^2/4\bar{s}^2$  yang menghasilkan  $du/ds = \pi s/2\bar{s}^2$ , dan batas integrasi dari  $u = \pi x_0^2/4\bar{s}^2$  sampai  $u = \infty$  sehingga diperoleh

$$P(s \geq x_0) = e^{-\pi x_0^2/4\bar{s}^2} \quad (4-9)$$

persamaan (4-9) digunakan untuk menentukan nilai rata-rata  $s$  yang harus ditentukan untuk memenuhi keandalan sistem yang diharapkan, dimana sinyal threshold  $x_0$  merupakan level sinyal terkecil yang disyaratkan.

$P(s \geq x_0)$  pada persamaan (4-9) merupakan tolok ukur keandalan sistem. Sebagai contoh bila keandalan sistem yang diharapkan adalah 90%, maka perbandingan  $x_0$  terhadap  $s$  adalah ditentukan sebagai berikut:

$$0,9 = e^{-\pi x_0^2/4\bar{s}^2}$$

$$x_0/\bar{s} = \sqrt{\frac{-4 \ln 0,9}{\pi}} = 0,3663$$

$$x_0 \text{ (dB)} - s \text{ (dB)} = 20 \log 0,3663$$

$$= -8,7 \text{ dB.}$$

Jadi untuk mendapatkan keandalan sistem 90% pada sinyal penerimaan yang mengalami fading, harus ditambahkan cadangan fading sebesar 8,7 dB. Artinya kemungkinan sinyal turun sebesar 8,7 dB dibawah nilai rata-rata (akibat fading) diatasi dengan cadangan yang ditambahkan tersebut.

## BAB V

### PENUTUP

#### V.1 KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan mengenai karakteristik propagasi gelombang radio di daerah urban Surabaya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Sinyal radio panggil yang diterima oleh unit mobil merupakan jumlah dari sinyal langsung dan beberapa sinyal hasil pantulan dari bidang yang ada disekeliling unit mobil. Dimana gelombang radio yang terpantul merambat pada lintasannya dengan panjang yang berbeda-beda dan kekuatan sinyalnya sangat bergantung dari karakteristik hamburan/pancaran dari bidang pantul.
2. Local mean yang merupakan rata-rata envelop dari fading sinyal yang menunjukkan masing-masing harga dari mean average dari level kuat medan pada tiap-tiap titik local, nilainya bergantung dari beberapa faktor diantaranya adalah jarak dari pemancar dan penerima.
3. Penggambaran model penghambur dari suatu area dalam bentuk statistik local dari envelope sinyal adalah ditegaskan dengan lengkap dalam bentuk distribusi statistik parameter tunggal seperti misalnya distribusi rayleigh atau distribusi log normal yang direalisasikan dalam bentuk histogram dan distribusi kumulatif
4. Deviasi standard  $\sigma$  dari local mean bervariasi terhadap sifat-sifat dasar dari lingkungannya. Berdasarkan referensi yang ada deviasi standard terletak



antara 4 - 8 dB, dan pada daerah urban kenaikannya proporsi dengan bertambah tingginya bangunan yang ada. Pernyataan ini dibuktikan dari data yang diperoleh, yaitu dengan membandingkan hasil yang diperoleh di tiga area (A, B, C) di kota Surabaya. Area A yang terletak di Jl. Basuki rahmat - Jl. Embong Malang yang banyak ditempati oleh gedung-gedung yang tinggi mempunyai deviasi standard 6,2788, Area B di Jl. Pemuda yang relatif lebih sedikit gedung bertingkat mengalami penurunan sebesar 2,3967 sedangkan daerah C di Jl. Tunjungan yang tinggi bangunannya rata-rata 5 tingkat hanya memperoleh 2,7363.

5. Berdasarkan perhitungan rumus empiris Hata level daya minimum dari lokasi terjauh yang diamati (6,8 km) diperoleh -73,38 dBm. sedangkan rata-rata diperoleh dari hasil pengukuran adalah -71,25 dBm.
6. Secara keseluruhan berdasarkan data parameter statistik dan kurva-kurva yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem yang ada masih cukup baik untuk memberikan pelayanan jasa komunikasi pada area layanan di sekitar Surabaya.
7. Keadaan cuaca ternyata memberi pengaruh yang cukup berarti dari propagasi gelombang radio ini, hal ini ditunjukkan dari sampel data yang dikumpulkan pada waktu yang berbeda yaitu antara jam 10,00 - 12,00 dan jam 14.00 - 17.00. Kesimpulan dari hasil ini masih sulit diramalkan faktor-faktor penyebabnya karena hal ini memerlukan penelitian yang lebih lama.
8. Teknik pengukuran kuat medan secara global dapat dilakukan dengan tiga tahap yaitu:
  1. Tahap rekonstruksi, untuk menentukan lintasan gelombang radio pada wila-

yah yang terbagi dalam luasan agar mudah untuk melakukan perhitungan parameter site

2. Tahap prediksi kuat medan pada stasiun penerima dilakukan dengan menghitung level kuat medan yang di terima. Peramalan kuat medan pada penerima ini dilakukan secara berulang-ulang pada lintasannya dengan melakukan penghitungan tiap titik site.
3. Tahap survei pengukuran kuat medan dilapangan yang berguna untuk menentukan secara pasti semua paramter local mean. Hasil survei ini digunakan untuk melakukan analisa akhir dari sistem yang digunakan dalam menentukan area pelayanannya

## V.2 SARAN

Karakteristik propagasi gelombang radio pada sistem komunikasi radio panggil perlu sekali untuk diketahui. Hal ini sangatlah berguna dalam perencanaan jaringan dan perawatan sistem.

Sesuai dengan perkembangan teknologi alat ukur dan dengan melihat perkembangan dan kemajuan sistem telekomunikasi radio panggil yang ada sekarang ini, dimana media propagasi sangat mempengaruhi transmisi informasi dan perlu untuk diteliti, maka sangatlah perlu kiranya dalam pengukuran propagasi gelombang radio ini menggunakan perangkat alat ukur berbasis komputer yang langsung memberikan hasil-hasil yang diperlukan secara cepat hemat waktu, efisien dengan ketelitian yang tinggi.



## DAFTAR PUSTAKA

1. Asha Mehrotra, *CELLULAR RADIO PERFORMANCE ENGINEERING*, Artech House, Inc. London. 1994.
2. Neil J. Boucher, *THE CELLULAR RADIO HANDBOOK*, Quantum Publishing, Inc. California, 1990.
3. William C.Y Lee, *MOBILE CELLULAR TELECOMMUNICATION*, McGraw-Hill Book Company, 1995.
4. Edward N Skomal, Albert A Smith, Jr. *MEASURING THE RADIO FREQUENCY ENVIRONMENT*, Van Nostrand Reinhold Company, New-York, 1985.
5. William C.Y Lee, *MOBILE COMMUNICATION ENGINEERING*, McGraw Hill Book Comp. 1982.
6. L.W. Barclay, *BASIC RADIO SYSTEM PARAMETERS*, Radiowave Propagation, Peter Peregrinus Ltd.
7. J.D. Parsons, *PROPAGATION EFFECTS ON MOBILE SERVICES*, Radio wave Propagation, Peter Peregrinus Ltd.
8. William C.Y Lee, *MOBILE COMMUNICATION DESIGNS FUNDAMENTALS*, John Wiley & Son, Inc. New-York 1993.
9. M.F. Ibrahim and A.S. Bajwa, *PROPAGATION IN URBAN AREA*.
10. William C. Jakes. J, *MICROWAVE MOBILE COMMUNICATION*, John Wiley & Sons, Inc. New-York 1974.
11. G.L. Turin, *SIMULATION OF URBAN RADIO PROPAGATION AND OF URBAN RADIO COMMUNICATION SYSTEM*, Japan, 1978.

12. Douglas O, Reudink, *PROPERTIES OF MOBIL RADIO PROPAGATION ABOVE 400 MHz*, IEEE trans. Vehicular tech. Nov. 1974 hal 155
13. Suryatna Rafi'i Drs. *METODA STATISTIKA ANALISIS*, Bina Cipta, 1986
14. Djarwanto Ps dan Pangestu subagyo, *STATISTIK INDUKTIF*, BPFE, 1994.



## LAMPIRAN 1. VT 100 UNIVERSAL PAGING TRANSMITTER

ERG Electronics Limited  
VT100 Universal Paging Transmitter

Revision 3

## TECHNICAL DESCRIPTION

### INTRODUCTION

#### General

The Radiolab VT100 VHF Paging Transmitter operates reliably in the 148-175MHz band with a continuous rating of 100W under harsh environmental conditions. It is designed for digital and tone paging applications with signalling speeds up to 1200 BPS as standard, higher speeds available to special order.

#### Principal Features

Ideally suited for small or large system applications, some of its features include:

- Convection cooling, high efficiency power amplifier resulting in minimum power supply requirements even at full rated power. Optional fan cooling for harsh environments.
- User friendly front panel readouts and switches.
- Extensive self checking and diagnostic features built into the system design, being software driven.
- Less than 0.5% distortion in transmitter linearity and very high spectral purity enabling it to be used at crowded transmitter sites.
- Black noise option for simultaneous transmission applications.
- Test Pager panel option for GOLAY, POCSAG & 5 TONE modes.

### 2.1 PREAMBLE

The VT100 Paging Transmitter as supplied to Korea, comprises of the following components and Modules:

- VT100 Universal Subrack.
- MS301 AC Power Supply.
- Modulator/Driver Module.
- Intelligent Communications Controller (ICC) Module fitted with PURC007 Software.
- Signal Processor Module (SPM) with Absolute delay equaliser bypassed.
- Power Amplifier Module which includes:
  - Pre-Amplifier 20W Power Amplifier
  - 100W Harmonic Filter Power Control assembly
- Digital Absolute Delay Equaliser PCB
  - Subrack mounted.
- Auxillary 28V/5V DC/DC Converter PCB
  - Subrack mounted.

## LAMPIRAN 2 SPESIFIKASI TRANSMITTER

ERG ELECTRONICS LIMITED  
VT100 UNIVERSAL PAGING TRANSMITTER

Revision 3

## 1.0 SPECIFICATIONS

## 1.1 DRIVER AND P.A. MODULES

148-175MHz Bands

275-330MHz Bands

1	Output Power	:	100W +1dB -0dB, Meter accuracy better than 10%.
2	Frequency Range	:	All Paging Channels.
3	Channels	:	4 present remote controlled channels available. Each channel being preset to any of the paging channels.
4	Output Impedance	:	50 Ohm (Nominal) Type 'N' Connector (Female).
5	Frequency Stability -10°C to +50°C	:	± 1ppm. Optional ± 0.03ppm.
6	Duty Cycle	:	100%.
7	Spurious & Harmonic Radiation	:	Less than 2.5µW.
8	Modulation Mode	:	FSK for binary data signals and FM for tone signals. In FSK mode, FM available for BNG modulation.
9	Frequency Deviation:	A-FSK mode	: ± 4.5KHz. (BNG ± 500Hz)
		B-FM mode	: ± 5KHz (maximum).
10	Amplitude Response (ANALOG mode only)	:	Within ± 0.5dB 400Hz to 3.5KHz referred to a 1KHz tone.
11	Signal to noise ratio	:	Greater than 40dB.
12	Harmonic Distortion (ANALOG mode only)	:	Less than 0.5% at ± 5KHz deviation with 1 KHz tone.
13	Modulation input levels	:	FM mode 0dBm/600ohms for ± 3KHz deviation FSK Mode ± TTL Data for ± 4.5KHz carrier shift. Blacknoise = 0.5KHz deviation
14	Supply Voltage	:	+ 28VDC at 8A Maximum.



### LAMPIRAN 3 DATA PRG 1032 HIGH BAND VHF

#### General

System code	CCIR No.1 Rec 584 (POCSAG)
System capacity	8 000 000 addresses
	512 Baud: (i) 15 alert only calls/second (ii) Five 10 digit calls/second
	1200 Baud: (i) 35 alert only calls/second (ii) Eleven 10 digit calls/second
Pager address capability	16 (Four independent sets of 4 function addresses for individual or group alerting)
No. of tone alert patterns	8 Function address alerts (4 cadences + warble) 3 Pager status tones Low battery warning Alarm clock Alert repeat
Tone volume	Low (65dB Spl @ 30cm) for 4 seconds switching to full volume (75dB Spl @ 30cm) for a further 12 seconds
No. of memories	99
Message length (maximum)	2400 characters
Total memory capacity (messages)	7200 characters
<b>RF Specification</b>	
Frequency range	135 - 174MHz
Channel spacing	20kHz 25kHz 30kHz
Modulation	Frequency shift keying (FSK) - NRZ
Deviation	$\pm 4.0$ kHz (20kHz channel spacing) $\pm 4.5$ kHz (25kHz channel spacing) $\pm 5.0$ kHz (30kHz channel spacing)
Sensitivity	5 $\mu$ V/m
Spurious response rejection	60dB
Adjacent channel selectivity	>65dB
Intermodulation rejection	>55dB
Spurious radiation	2nW

31 JAN 1995

EL 1799 TUGAS AKHIR - 6 SKS

Nama : Royke Rudolf Roring  
 Nomor Pokok : 292 220 2001  
 Bidang studi : Telekomunikasi  
 Tugas diberikan : 20 Januari 1995  
 Tugas diselesaikan : 20 Juli 1995  
 Dosen pembimbing : DR.Ir. Moch. Salehudin M.Eng.Sc  
 Judul tugas akhir :

PENGUKURAN KARAKTERISTIK PROPAGASI GELOMBANG VHF  
 170 MHz di DAERAH URBAN SURABAYA

Uraian tugas akhir,

Perkembangan teknologi dewasa ini terutama teknologi telekomunikasi telah mampu memenuhi kebutuhan manusia akan informasi yang semakin meningkat. Permintaan jasa komunikasi dari tahun ketahun menunjukkan bahwa kebutuhan akan sarana dan prasarana komunikasi yang andal meningkat pula

Propagasi gelombang radio pada lintasannya dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah struktur permukaan bumi. Khusus didaerah perkotaan, adanya gedung-gedung yang tinggi propagasi gelombang radio lebih banyak ditandai oleh fenomena lintasan jamak karena sinyal mengalami pembiasan dan pantulan

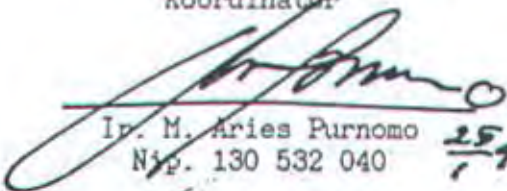
Dalam tugas akhir ini akan dilakukan pengukuran karakteristik propagasi gelombang radio VHF 170 MHz di daerah urban Surabaya khususnya di daerah banyak dipenuhi gedung bertingkat. Pengukuran karakteristik propagasi seperti tersebut diatas dilaksanakan dalam bentuk pengukuran perubahan level kuat medan dari antena penerima.

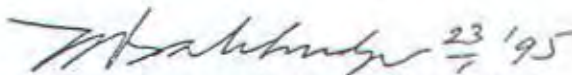
Data yang diperoleh selanjutnya dianalisa sehingga dapat mencerminkan besarnya redaman propagasi sebagai fungsi dari jarak antara pemancar dan penerima.

Surabaya, 20 Januari 1995.

Menyetujui,  
 Bidang Studi Telekomunikasi  
 Koordinator

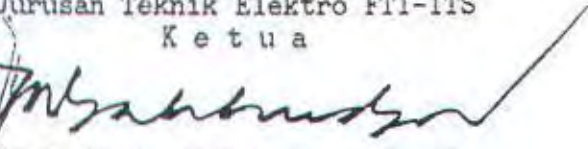
Dosen pembimbing

  
 Ir. M. Aries Purnomo  
 Nip. 130 532 040

  
 DR. Ir. Moch. Salehudin M. Eng. Sc  
 Nip. 130 532 026



Mengetahui,  
 Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS  
 Ketua

  
 DR. Ir. Moch. Salehudin M. Eng. Sc  
 Nip. 130 532 026



1. JUDUL TUGAS AKHIR : Pengukuran karakteristik propagasi gelombang VHF 170 MHz di daerah urban Surabaya.
2. RUANG LINGKUP :
  - Transmisi gelombang elektromagnetik,
  - Karakteristik kanal telekomunikasi
  - Elektronika komunikasi
  - Probabilitas dan proses stokastik
3. LATAR BELAKANG : Dengan semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat akan informasi, maka penggunaan sistem komunikasi radio merupakan salah satu langkah yang tepat untuk mengatasi kebutuhan tersebut. Pada sistem komunikasi radio kualitas dan range sinyal dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti jenis rintangan pada lintasan, cuaca, waktu, bentuk medan dan elektromagnetic interference, baik yang alami maupun buatan manusia. Struktur bangunan yang tinggi yang ada di daerah perkotaan merupakan halangan yang besar yang menyebabkan terjadinya peredaman, penyimpangan arah rambat gelombang radio yang ditandai dengan adanya fenomena kanal lintasan jamak. Kondisi ini sangat mempengaruhi level daya sinyal yang diterima oleh penerima. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan suatu komunikasi radio bergantung pada media propagasi.
4. PENELAAHAN STUDI : Propagasi radio mobil (mobile radio) di daerah urban biasanya mempunyai ciri-ciri efek lintasan jamak yang kuat, sehingga komponen-komponen sinyal yang sampai dipenerima biasanya telah mengalami peredaman, pemantulan dan difraksi dengan kecepatan dan amplitudo yang berbeda-beda sehingga kekuatan sinyal

pada antena penerima merupakan fungsi dari jarak dan waktu yang datang secara acak dan kondisinya berfluktuasi. Selain itu karakteristik dari perubahan lintasan jamak seperti penerima yang bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain, terrain yang berbeda dan ciri-ciri bangunan disekitar penerima akan merubah fenomena setempat. Pengukuran karakteristik dilakukan dengan mencuplik sinyal pada frekwensi tertentu dengan alat ukur field strength meter pada penerima bergerak untuk mendapatkan model yang optimal yang dapat dipergunakan dalam perencanaan sistem komunikasi radio mobil.

#### 5. T U J U A N

: Untuk mendapatkan suatu model karakteristik redaman propagasi gelombang radio di daerah urban yang banyak gedung bertingkat.

#### 6. METODOLOGI

: Karakteristik propagasi pada suatu lintasan komunikasi pada dasarnya dapat dijelaskan oleh adanya parameter perubahan amplitudo sinyal, perubahan phase, serta jarak antara pemancar dan penerima. Metodologi pengukuran yang akan dilakukan pada tugas akhir ini adalah dengan mengukur perubahan amplitudo rata-rata sinyal yang diterima sebagai fungsi jarak secara acak. Dari hasil pengukuran ini dapat diketahui fungsi kerapatan probabilitas.

#### 7. LANGKAH-LANGKAH

- : 1. Studi literatur
2. Melakukan pengukuran dan pengumpulan data data lapangan dengan memanfaatkan sarana sinyal Easy Call.
3. Analisa data dan pembahasan
4. Penulisan tugas akhir.



8. JADWAL KEGIATAN :

KEGIATAN	B U L A N					
	I	II	III	IV	V	VI
1. STUDI LITERATUR	////					
2. PENGUKURAN		////	////	////		
3. ANALISA DATA			////	////	////	
4. PENULISAN T.A.					////	////

9. RELEVANSI

: Diharapkan dari hasil studi analisa data pengukuran ini dapat memberikan wawasan dalam menentukan model karakteristik kanal radio, terutama dalam merencanakan suatu sistem komunikasi radio di daerah urban.

## RIWAYAT HIDUP



Nama : Royke Rudolf Roring  
Tempat/tgl.lahir : Manado/ 11 Mei 1954  
Agama : Kristen  
Nama Ayah : Yohannes Roring  
Nama Ibu : Vera Mamesah  
Alamat : Jl. Baskara I/13 Surabaya

Penyusun adalah putra ketiga dari empat bersaudara.

### RIWAYAT PENDIDIKAN :

1. SD Negeri 17 Manado, lulus tahun 1967
2. SMP Negeri Tompaso Minahasa, lulus tahun 1970
3. SMA Negeri 2 Manado, lulus tahun 1973
4. Diterima di Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS melalui Program Lintas Jalur pada tahun 1992, dengan NRP. 2922202001, dan mengambil Bidang Studi Teknik Telekomunikasi.

### PENGALAMAN KERJA :

Penulis pernah bekerja pada Pusat Pengembangan Tenaga Perminyakan dan Gas Bumi (PPT-MIGAS) di Cepu.